

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Inovace ohříváče vody

2015

Bc. Martin Beneš

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program N2301 – Strojní inženýrství

Studijní obor Inovační inženýrství

Katedra částí a mechanismů strojů

Inovace ohřívače vody

The innovation of water heater

Jméno autora: Bc. Martin Beneš

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Lepšík, Ph.D.**

Konzultant diplomové práce: **Ing. Jiří Marján, Ph.D.**

Rozsah práce a příloh:

Počet stran: 66

Počet obrázků: 45

Počet tabulek: 14

Počet příloh: 5

Datum: 1. března 2015

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin Beneš**
Osobní číslo: **S13000548**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Inovační inženýrství**
Název tématu: **Inovace ohřívače vody**
Zadávající katedra: **Katedra částí a mechanismů strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem diplomové práce je inovovat elektrický ohřívač vody s nejnižším objemem vody, který je dostatečně výkonný i pro sprchu a lze použít pro více odběrných míst. Záměrem je snížit výrobní náklady a tím zvýšit užitnou hodnotu ohřívače, dále snížit náchylnost konstrukce ke korozi a snížit tepelné ztráty. Navržená inovace výrazně prodlouží životnost ohřívače a sníží energetické nároky.

- 1) Představte úkol (cíl, seznámení s výrobkem).
- 2) Popište stávající stav a proveďte průzkum potenciálních řešení.
- 3) Proveďte několik inovačních návrhů řešení a jejich zhodnocení.
- 4) Vyberte konečnou variantu řešení na základě zvolených kritérií a k nim přiřazených váhových faktorů
- 5) Rozpracujte konečnou variantu (DFX,FMEA, úplný konstrukční návrh včetně výrobní dokumentace)
- 6) Ekonomicky zhodnoťte konečnou variantu
- 7) Závěrečně zhodnoťte splnění úkolu



Rozsah grafických prací: přílohy dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 50
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

- [1] MAŠÍN, I. *Inovační inženýrství*. 1.vydání. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012.168s. ISBN 978-80-7372-852-6
[2] MAŠÍN, I.a MAŠÍN, J. *Analýza procesů*. 1.vydání. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012.132s. ISBN 978-80-7372-865-6
[3] LEPŠÍK, P.a VODIČKA, J. *Plánování a řízení společných projektů*. 1.vydání. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012.124s. ISBN 978-80-7372-920-2
[4] MAŠÍN, I.a LEPŠÍK, P. *Nástroje řízení projektů*. 1.vydání. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012.202s. ISBN 978-80-7372-854-0
[5] PEŠÍK, L. *Části strojů - stručný přehled 1.* 2. vydání. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. 158s. ISBN 80-7083-938-4
[6] PEŠÍK, L. *Části strojů - stručný přehled 2.* 2. vydání. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. 155s. ISBN 80-7083-939-2
[7] LEINVEBER, J. a VÁVRA, P. *Strojníké tabulky*. Úvaly: Albra. 2005. ISBN 80-736-01-6

Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Lepšík, Ph.D.
Katedra částí a mechanismů strojů
Konzultant diplomové práce: Ing. Jiří Marján, Ph.D.
DZD- Strojírna s.r.o.

Datum zadání diplomové práce: 14. listopadu 2014
Termín odevzdání diplomové práce: 25. května 2015

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan



prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.
vedoucí katedry

V Liberci dne 14. listopadu 2014



ANOTACE

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

Studijní program:	N2301 – Strojní inženýrství
Diplomant:	Martin Beneš
Téma práce:	Inovace ohřívače vody The innovation of water heater
Vedoucí diplomové práce:	Ing. Petr Lepšík, Ph.D.
Konzultant diplomové práce:	Ing. Jiří Marján, Ph.D.

Abstrakt:

Cílem diplomové práce je inovovat elektrický ohřívač vody s nejnižším objemem vody, který je dostatečně výkonný i pro sprchu a lze použít pro více odběrných míst. Záměrem je snížit výrobní náklady a tím zvýšit užitnou hodnotu ohřívače, dále snížit náchylnost konstrukce ke korozi a snížit tepelné ztráty. Navržená inovace výrazně prodlouží životnost ohřívače a sníží energetické nároky.

Abstract:

The aim of diploma thesis is to innovate electric water heater with the lowest volume of water, which is powerful enough for a shower and can be used for multiple supply points. The intention is to reduce manufacturing costs and increase the utility value of the water heater, to reduce susceptibility to corrosion of the construction and reduce the heat loss. The proposed innovation will significantly extend the life of the water heater and reduce energy demands.



Poděkování:

Chtěl bych poděkovat všem, kteří mi poskytovali cenné rady a připomínky při vypracování mé diplomové práce. Rodičům děkuji za trpělivost a za jejich neustálou podporu jak morální, tak materiální během celého mého vysokoškolského studia.

Dále děkuji všem z Katedry částí a mechanismů strojů za poskytnuté zázemí a to zejména vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Lepšíkovi, Ph.D. za dohled nad diplomovou prací, laskavou pomoc a vstřícné jednání. Panu Ing. Jiřímu Marjánovi, Ph.D. i celé konstrukční kanceláři DZD děkuji za odborné konzultace a věcné připomínky.



Prohlášení:

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci 1. března 2015

Podpis:

Bc. Martin Beneš



Obsah:

1	ÚVOD.....	12
1.1	Cíl práce.....	13
1.2	Inovovaný výrobek	13
2	PLÁNOVÁNÍ INOVACE VÝROBKU.....	15
2.1	Identifikace inovačních příležitostí.....	15
2.1.1	Průzkum konkurenčních výrobků.....	16
2.1.2	Přehled cenové relace internetových prodejců	19
2.1.3	Identifikace potřeb zákazníků a servisních techniků.....	20
2.1.4	Interpretace potřeb.....	21
2.1.5	Metoda QFD	22
2.1.6	Inovační záměr	25
3	TVORBA KONCEPTŮ	25
3.1	Koncept č. 1.....	25
3.2	Koncept č. 2.....	26
3.3	Koncept č. 3.....	27
3.4	Koncept č. 4.....	28
3.5	Posouzení konceptů z hlediska výhod a nevýhod	30
3.5.1	Koncept č.1:.....	30
3.5.2	Koncept č.2:.....	30
3.5.3	Koncept č.3:.....	31
3.5.4	Koncept č.4:.....	31
3.6	Výběr konečného konceptu	31
3.7	Finální model elektrického ohřívače	32
3.7.1	Výpočet tlakové nádoby.....	35
3.7.2	Simulace tlakové zkoušky využitím MKP.....	39
3.7.3	Výpočet tepelného toku.....	42
3.7.4	Simulace průběhu teplot a tepelného toku v ohřívači využitím MKP	46
3.7.5	Výkresová dokumentace	49
3.8	Využití metod Design for X (DFX)	49
3.8.1	Metoda DFA Lucas (Design for Assembly Lucas).....	49
3.8.2	Metoda DFM (Design for Manufacturing)	53



3.8.3	Metoda DFE (Design for Enviroment)	55
3.8.4	Metoda DFD (Design for Disassembly).....	55
3.8.5	Metoda DFMT (Design for Maintainability)	56
3.9	FMEA- K.....	57
4	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	59
5	ZÁVĚR.....	63
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	65



Seznam použitých zkratek a symbolů:

p_h	[MPa]	hydrostatický přetlak
p	[MPa]	výpočtový přetlak
p_z	[MPa]	zkušební přetlak
ρ	[kg.m ⁻³]	hustota vody
g	[m.s ⁻²]	gravitační zrychlení
h	[m]	výška vodního sloupce
σ_D	[MPa]	dovolené namáhání při výpočtové teplotě
σ_{Dz}	[MPa]	dovolené namáhání při tlakové zkoušce
σ_{kt20}	[MPa]	mez kluzu při tlakové zkoušce
R_e	[MPa]	mez kluzu
x_1	[1]	součinitel bezpečnosti
x_z	[1]	součinitel bezpečnosti při tlakové zkoušce
c	[mm]	přídavek k základní výpočtové tloušťce
v	[1]	součinitel hodnoty svarového spoje
D	[mm]	vnější průměr svařené nádoby
s_p	[mm]	provedená tloušťka stěny
s	[mm]	tloušťka stěny
s_o	[mm]	nejmenší možná tloušťka stěny pro pracovní podmínky
l	[mm]	délka lemu dna
H	[mm]	výška dna
β	[1]	součinitel vlivu klenutí dna
\dot{Q}	[W]	celkový tepelný tok v ohřívači vody
\dot{Q}_t	[W]	tepelný tok vícevrstvou silnostěnnou trubicí
\dot{Q}_s	[W]	tepelný tok vícevrstvou stěnou
L	[m]	celková délka vícevrstvé trubky
l_t	[m]	délka pláště nádoby
l_d	[m]	délka trubky na dnech nádoby
Δt_s	[°C]	rozdíl teploty vody a teploty vzduchu v místnosti ($T_{o2} - T_{o1}$)
λ_o	[W · m ⁻¹ · K ⁻¹]	tepelná vodivost oceli



λ_{iz}	$[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$	tepelná vodivost izolace
r_1	$[m]$	vnitřní poloměr pláště nádoby
r_2	$[m]$	vnější poloměr pláště nádoby /vnitřní poloměr izolace
r_3	$[m]$	vnější poloměr izolace
α_{t1}	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	součinitel přestupu tepla na vnitřním poloměru silnostěnné trubky
α_{t2}	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	součinitel přestupu tepla na vnějším poloměru silnostěnné trubky
α_{s1}	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	součinitel přestupu tepla na vnitřním poloměru vícevrstvé stěny
α_{s2}	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	součinitel přestupu tepla na vnějším poloměru vícevrstvé stěny
b_1	$[m]$	tloušťka první vrstvy
b_2	$[m]$	tloušťka druhé vrstvy
A	$[m^2]$	plocha kruhové vícevrstvé stěny



1 ÚVOD

Elektrický ohříváč vody nebo také elektrický boiler (z anglického slova *boiler* od slova *boil*, vařit) je zásobníkový ohříváč vody. Skládá se z tlakové nádoby, ve které se akumuluje ohřátá voda a elektrického ohřívacího tělesa. Elektrické ohřívací těleso (topná spirála) se nachází ve spodní části boileru, kde ohřívá vodu, která stoupá do horní části tlakové nádoby, kde je odebírána. Z tohoto důvodu bývá přítok studené vody upraven tak, aby nedocházelo k nežádoucímu mísení studené vody s vodou, která je již ohřátá. Elektrické ohříváče vody se vyrábějí od maloobjemových, které jsou využívány v místech s malou spotřebou vody, jako kuchyně, či málo používaná umyvadla, až po velkoobjemové, které se většinou používají pro zásobování více míst teplou vodou.

Po celém světě je mnoho firem zabývajících se výrobou elektrických ohříváčů vody. Jednou z nich je i firma Družstevní závody Dražice- strojírna s.r.o. člen skupiny NIBE Industrier AB (logo společnosti viz obr.1.1)



Obr. 1.1: Logo společnosti Družstevní závody Dražice s.r.o. [7]

Firma Družstevní závody Dražice- strojírna s.r.o. vznikla roku 1989 při rozdělení Družstevního kombinátu Dražice a převzetím jejich výroby ohříváčů vody. Mezi lety 1992 a 2003 nastal prudký rozvoj. Dochází k rozšiřování sortimentu, modernizaci technologie a neustálému zvyšování výroby. Zásadní modernizace proběhla roku 1997 výstavbou nové smaltovací linky. Společnost DZ Dražice se stává největším prodejcem ohříváčů vody v tuzemsku a od roku 1994 začíná rozšiřovat export; společnost vyváží do 16 zemí Evropy. V roce 2003 společnost vyrobila 95 tisíc ohříváčů. V roce 2004 byla postavena nová hala jako příprava k výstavbě nové smaltovací pece, k čemuž dochází v roce 2005. V roce 2006 došlo k převodu 100% podílů společnosti DZ Dražice- strojírna s.r.o. do rukou švédské společnosti NIBE Industrier AB. Během léta roku 2007 došlo k rozšíření na dvě montážní linky a tím se kapacita zvýšila na 150 000 ks výrobků ročně. V poslední době se firma zaměřila na další rozšiřování sortimentu. [7]



1.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce je inovovat elektrický ohřívač vody TO 20 ze sortimentu výrobce DZD o objemu 20 l, maximální hmotností ohřívače bez vody 15 kg a maximálním provozním tlakem 0,6 MPa. Provést analýzu známých řešení průzkumem konkurenčních výrobků a tím získat přehled o současném stavu. Dále provést interview zákazníků a servisních techniků pro zjištění jejich potřeb na inovovaný ohřívač vody a pomocí metody QFD zjistit, na které parametry se dále musíme zaměřit. Na základě poznatků z průzkumu trhu a analýzy potřeb zákazníků a servisních techniků vytvořit minimálně 3 koncepty inovačních řešení. Dále popsat a zhodnotit tyto koncepty a s pomocí vícekritériální matice vybrat jejich nejlepší variantu. U vybrané varianty vypočítat minimální tloušťky stěn vnitřní nádoby a provést simulaci tlakové zkoušky a simulaci průběhu teplot a tepelného toku v ohřívači vody za pomoci metody konečných prvků. Vybranou variantu detailně vymodelovat s použitím vhodného CAD softwaru a optimalizovat užitím metod DFX. Pomocí metody DFA Lucas optimalizovat ohřívač pro jednoduchou montáž a co nejmenší počet použitých komponent tak, aby efektivnost návrhu sestavy vyšla vyšší než 60% a poměr pomocných operací a poměr spojovacích operací nižší než 2,5. Zároveň optimalizovat ohřívač s ohledem na demontáž metodou DFD. S využitím principů metody DFM zvýšit jednoduchost ohřívače i jednotlivých komponent a využít standardních materiálů a komponent. Dodržet metody DFE a tím řešit problémy spojené s dopadem na životní prostředí a orientovat se na výrobu s ohledem na ekologickou výrobu, balení, odvoz a recyklaci. S pomocí metody DFMT optimalizovat ohřívač k zajištění snadné údržby. Za pomoci konstrukční FMEA analýzy zvážit možné způsoby vad výrobku a případně navrhnout příslušná opatření. Jako poslední cíl diplomové práce je ekonomické zhodnocení ohřívače vody.

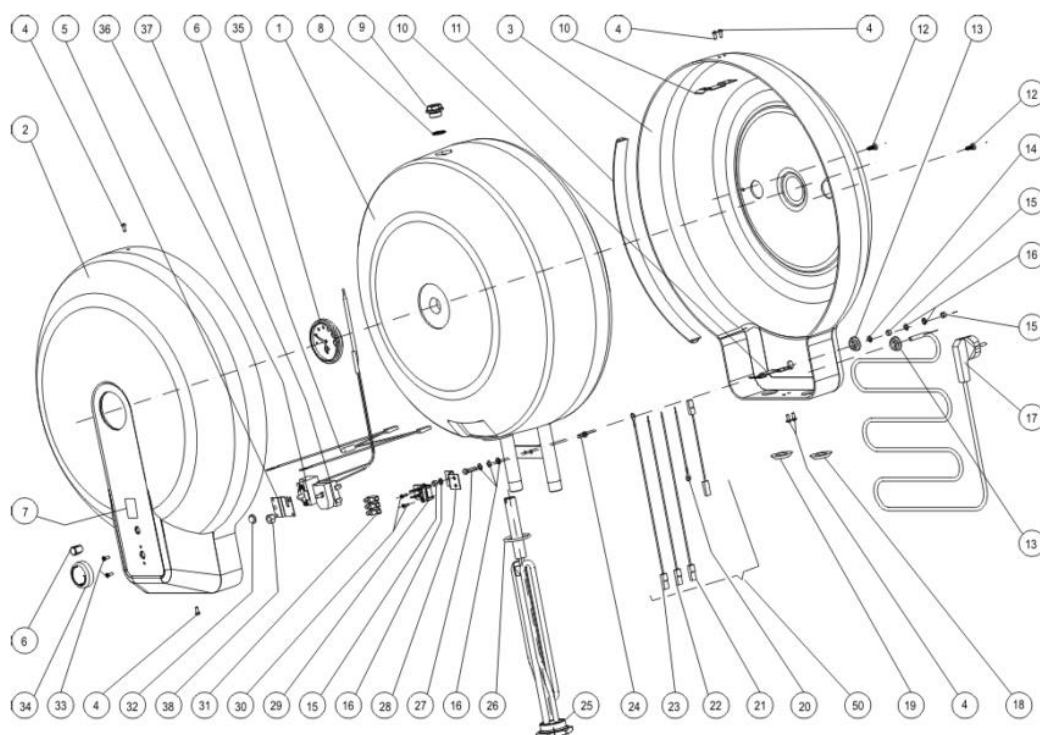
1.2 Inovovaný výrobek

Inovovaný výrobek je elektrický ohřívač vody- zásobníkový tlakový, maloobjemový (objem 20 litrů) firmy DZ Dražice, jehož firemní označení je TO 20 (vzhled ohřívače vody viz obr. 1.2, přičemž jeho rozpad je znázorněn viz obr. 1.3 s kusovníkem viz tab. 1.1 a technickými parametry viz. tab 1.2). Jedná se o ohřívač

vody s nejnižším objemem, který je dostatečně výkonný i pro sprchu. Lze použít i pro více odběrných míst. Teplotu je možno nastavit v rozsahu 5-74°C. Obsahuje jištění proti zamrznutí. Má velmi nízké tepelné ztráty a velmi rychlý ohřev vody.



Obr. 1.2: Elektrický ohřívač vody- zásobníkový tlakový, maloobjemový (objem 20 litrů). [7]



Obr. 1.3: Rozpad elektrického ohřívače vody TO 20 [7]



Tab. 1.1: Kusovník elektrického ohřívače vody TO 20 [7]

Pozice	Kusy	Název dílu	Pozice	Kusy	Název dílu
1	1	Ohřívač vody TO- 20	21	1	Vodič černý č.1 L 280
2	1	Kapota přední	22	1	Vodič modrý č.2 L 280
3	1	Kapota zadní	23	1	Vodič zelenožlutý č.6 L280
4	6	Šroub do plechu 3,9x13	24	1	Šroub pozink. M5x12
5	1	Držák tepelné pojistky	25	1	Ochrany
6	1	Signální doutnavka SL 656	26	1	Kroužek těsnící Ø38x3,5
7	1	Štítek TO- 20	27	1	Šroub mosazný M5x20
8	1	Kroužek těsnící pryžový 18x2,5 „O“	28	1	Nosič svorkovnice
9	1	Zátka G1/2"	29	1	Držák svorkovnice BFP
10	2	Spojník	30	2	Šroub 3,9x13
11	1	Pryž spojovací profil NP H1596	31	1	Svorkovnice ELK 2EF2
12	2	Šroub do plechu 5,5x16	32	1	Těsnící hřídelky termostatu
13	2	Kabelová průchodka	33	2	Šroub M4x10 ČSN 02 1131.45
14	1	Podložka rovná Ø5,3	34	1	Knoflík termostatu
15	3	Matice šestihránná M5	35	1	Teploměr dotykový BT-224 F3
16	6	Podložka vějířovitá Ø5,3	36	1	Termostat EIKA v01
17	1	Přívodní kabel	37	1	Tepelná pojistka
18	1	Kroužek těsnící 1/2" modrý	38	1	Matice M8
19	1	Kroužek těsnící 1/2" červený	39	1	Sada vodičů
20	1	Vodič zelenožlutý č.7 L115	40	1	Pojistný ventil 1/2"

Tab. 1.2: Technické parametry elektrického ohřívače vody TO 20 [7]

Objem	l	20
Max. hmotnost ohřívače bez vody	kg	15
Max. provozní tlak	MPa	0,6
Elektrické připojení	V	1 PE-N-230 V/50 Hz
Příkon	W	2200
El.krytí		IP 45
Doba ohřevu z 10°C na 60°C elektrickou energií	min	31

2 PLÁNOVÁNÍ INOVACE VÝROBKU

2.1 Identifikace inovačních příležitostí

Proces plánování začíná při identifikaci příležitostí. Mezi metody vhodné pro tuto fázi inovačního procesu patří zejména metody propracované v rámci teorie marketingu a benchmarkingu. Z těchto metod byla provedena studie konkurenčních výrobků a analýza reklamací pomocí interview se servisními techniky a analýza zákaznických potřeb pomocí interview se zákazníky.

2.1.1 Průzkum konkurenčních výrobků

Na začátku každého inovačního procesu je nutné prozkoumat již známá řešení vyskytující se na trhu. Nebyl nalezen žádný konkurenční výrobek s objemem 20 l a proto byl průzkum proveden na elektrických ohříváčích s objemy 15 l a 30 l. Průzkum byl proveden na maloobjemových elektrických ohříváčích vody od firem Stiebel-Eltron, Siemens a AEG (s objemem 30 l) a Tatramat a Ariston (s objemem 15 l). Současná řešení elektrických ohříváčů vody jsou velmi podobná u všech výrobců.

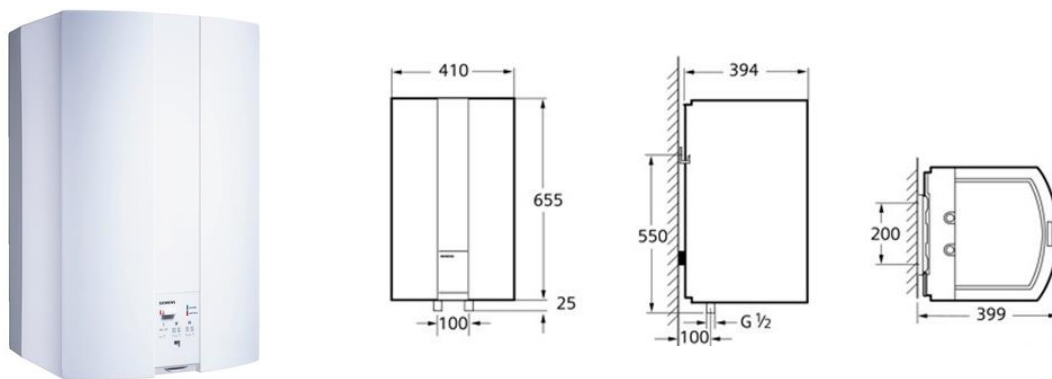
Elektrický ohříváč vody SHD 30 S firmy Stiebel Eltron (viz obr. 2.1) je určen pro zásobování více odběrových míst teplou vodou. Vnitřní ocelová nádrž se speciálním přímo nanášeným smaltem "anticor" má instalovanou ochrannou anodu (antikorozi tyč). Tepelná izolace je z ekologického materiálu neobsahujícího fluorované uhlovodíky a má nepatrné tepelné ztráty. Vnější plášť je z lakovaného ocelového plechu, horní a dolní kryt z plastické hmoty se žlábký pro uchopení. Závěsná lišta pro předběžnou montáž umožňuje též instalaci do rohu místnosti. Vzhledem k elektrickému krytí IP 25 D je možná montáž přístroje v obytných a otevřených prostorech též přímo nad vanou či umyvadlem.



Obr. 2.1: Elektrický ohříváč vody SHD 30 S firmy Stiebel Eltron [8]

Elektrický ohříváč vody DG 30025 firmy Siemens (viz obr. 2.2) je rovněž určen pro zásobování více míst teplou vodou najednou. Skládá se z vnitřní smaltované

nádoby, který poskytuje ochranu proti korozi obalené pěnovou izolací, která zajišťuje nízkou spotřebu energie 0,69 kWh / 24h. Topné těleso je z nerezové oceli a může být použito v agresivních vodách.



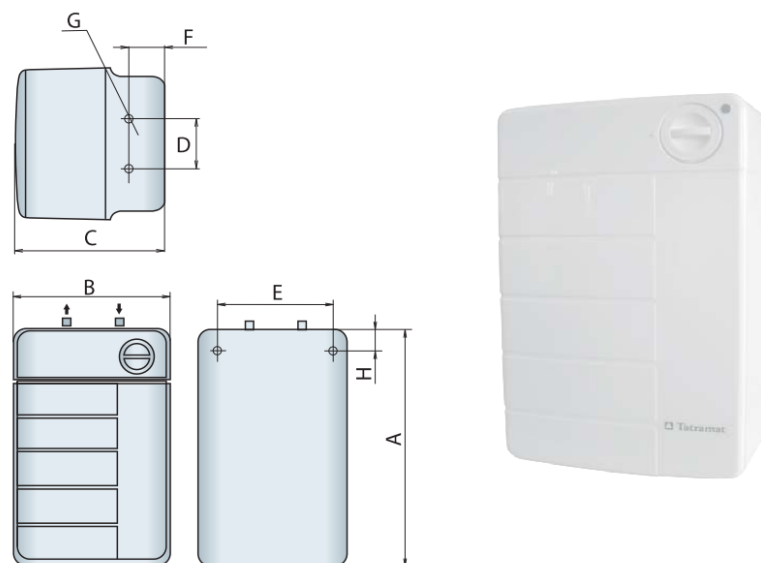
Obr. 2.2: Elektrický ohřívač vody DG 30025 firmy Siemens [9]

Elektrický ohřívač vody DEM 30 firmy AEG (viz obr. 2.3) nabízí vhodné řešení pro různé požadavky na centrální přípravu teplé vody pro celou domácnost nebo decentrální přípravu teplé vody pro skupinu odběrných míst. Dvouokruhové topné těleso umožňuje využití výkonu 2 kW pro základní ohřev a výkonu 6 kW pro jednorázový rychloohřev. Díky tepelné izolaci je minimalizována tepelná ztráta ohřívače. Na ocelové nádrži je nanesen dvouvrstvý smalt, který zároveň s hořčíkovou anodou zabraňuje korozi.



Obr. 2.3: Elektrický ohřívač vody DEM 30 firmy AEG [10]

Elektrický ohřívač vody EP 15 firmy Tatramat (viz obr. 2.4) skládající se z vnitřní tlakové nádoby z ocelového plechu (její objem je 15 l vody), jejíž vnitřní strana je chráněna proti korozi smaltem a anodovou ochranou. Vnitřní nádoba je obalena bezfreonovou tepelnou izolací a krytem obsahujícím signalizaci ohřevu a ovládáním teploty.



Obr. 2.4: Elektrický ohřívač vody EP 15 firmy Tatramat [11]

Elektrický ohřívač vody TI SHAPE UR 15 firmy Ariston (viz obr. 2.5) se skládá z vnitřní nádrže (15 litrové) z oceli pokryté titanovým smaltem obsahující pojistný ventil, velkou magneziovou anodu a bipolární termostat. Nádrž je obalena silnou vrtvou polyuretanové izolace a krytem obsahujícím ovládač teploty.



Obr. 2.5: Elektrický ohřívač vody TI SHAPE UR 15 firmy Ariston[12]



Srovnání parametrů prozkoumaných konkurenčních výrobků je shrnuto v tab. 2.1.

Tab. 2.1: Parametry elektrických ohříváčů [7] [8] [9] [10] [11] [12]

Výrobce		Inovovaný ohříváč DZD	STIEBEL ELTRON	SIEMENS	AEG	Ariston	Tatramat
Označení zásobníku		TO 20	SHD 30 S	DG 30025	DEM 30	UR 15	EP 15
Objem	[litry]	20	30	30	30	15	15
Rozměr	[mm]	500x246x581	410x420x770	394x410x655	380x380x676	357x357x308	302x302x450
Max. hmotnost ohříváče bez vody	[kg]	15	24,3	49	20	7,4	9
Příkon topného tělesa	[kW]	2,2	3,5	1x2	2 nebo 6	2	2
Doba ohřevu z 10°C na 60°C	[hod]	0,5	-	154min/34min	z 15°C na 60°C -> 0,89	z 15°C na 45°C -> 0,25	z 15°C na 65°C -> 0,45
Elektrické připojení		1/N/PE ~ 230V/50Hz	3/N/PE 400V 50Hz	1/N/PE ~ 230V/50Hz nebo 3/N/PE ~ 400V 50Hz	1/N/PE 2/N/PE 3/N/PE, 230/400V ~ 50Hz	1/N/PE ~ 230V/50Hz	1/N/PE ~ 230V
Elektrické krytí		IP45	IP25	IP25	IP25	IP24	IP24
Max. pracovní teplota/přetlak v nádobě	[°C/bar]	90/6,0	82/-	85/6	80/-	75/8	77/8
Tepelná ztráta	[kWh/24h]	0,28	0,45	0,69	0,51	0,53	1,04
Typ tělesa		ponorné	ponorné	ponorné	ponorné	ponorné	ponorné

2.1.2 Přehled cenové relace internetových prodejců

Elektrické ohříváče vody s objemem 15 litrů:

Nejlevnější model: 2550,- Kč

Nejdražší model: 4960,- Kč

Průměrná cena: 3280,- Kč

Elektrické ohříváče vody s objemem 30 litrů:

Nejlevnější model: 8331,- Kč

Nejdražší model: 15727,- Kč

Průměrná cena: 11350,- Kč



Průměrná cena byla vypočítána jako průměr z 5 nejprodávanějších výrobků v dané kategorii za použití nákupních portálů.

2.1.3 Identifikace potřeb zákazníků a servisních techniků

Pro zjištění a jasnou identifikaci všech potřeb, ať už zřejmých nebo skrytých, byla použita metoda strukturovaného rozhovoru pro identifikaci potřeb zákazníků a metoda dotazníkového šetření pro zjištění potřeb servisních techniků.

Strukturovaný rozhovor je typ kvalitativního rozhovoru. Sestává se z řady pečlivě připravených a formulovaných otázek, na něž mají jednotliví respondenti odpovědět. Pružnost sondování v kontextu situace je omezenější než v jiných typech rozhovorů. Tento typ rozhovoru se používá, když je nutné minimalizovat variaci otázek kladených dotazovanému. Redukuje se tak pravděpodobnost, že se data získaná v jednotlivých rozhovorech budou výrazně strukturně lišit [2].

Strukturovaný rozhovor se vedl s 14 dotazovanými zákazníky, kterým byly pokládány otázky:

- 1) „Kde se Váš elektrický ohřívač nachází (domov- v kuchyni, koupelně; chata,...)?“
- 2) „Jak často elektrický ohřívač využíváte?“
- 3) „Je nějaký rozměr, který Vám na vašem elektrickém ohřívači vadí (Výška, šířka, tloušťka...)?“
- 4) „Dal(a) byste přednost vodorovně postavenému elektrickému ohřívači?“
- 5) „Je instalace a ovládání elektrického ohřívače dostatečně jasné a jednoduché?“
- 6) „Existuje nějaká funkce, kterou byste na elektrickém ohřívači ocenil(a)?“
- 7) „Je něco, co Vám na současném elektrickém ohřívači vadí?“
- 8) „Jak byste výrobek změnil(a)?“

Dotazníkového šetření pro zjištění potřeb servisních techniků bylo provedeno zasláním dotazníků 32 servisním technikům (ukázka vyplněného dotazníku viz tab. 2.2).



Tab. 2.2: Ukázka vyplněného dotazníku- dotazník pro servisní techniky

Dotazník pro servisní techniky:	
elektrický ohřívač TO 20	
Jméno/firma:	Petr Jeřábek ,IČO: 61886980, Němčice 94, 28002 Kolín2;
Otázka:	Vyjádření:
Je manipulace ohřívače TO 20 při montáži dostatečně snadná?	Manipulace je velice snadná a jednoduchá.
Je instalace ohřívače TO 20 dostatečně jasná a jednoduchá?	Instalace je jednoduchá s snadná.
Je elektro zapojení ohřívače TO 20 snadné?	Ano elektro zapojení je snadné.
Je zapojení přívodu vody ohřívače TO 20 snadné?	Ano je snadné.
Je ovládání ohřívače TO 20 dostatečně jednoduché?	Ano je jednoduché.
Jaké byste měl(a) výhrady k sestavení ohřívače TO 20 během montáže?	Největší problém je se středovým pásem, který spojuje obě části kapoty ohřívače, nasazování je za trest.
Líbí se Vám design ohřívače TO 20?	Design ohřívače není špatný, líbil by se mě třeba hranatý tvar, podobný hranatým ohřivačům.
Je něco, co Vám na současném ohřivači TO 20 vadí?	Montáž předního dílu kapotáže, nešťastně spojený se zadním dílem kapotáže (pás spojující oba dva díly), a jeho uchycení (spojení do sebe). Při čištění od vodního kamene , ve většině případu je zdeformované topné těleso a jeho vytažení je jen s maximální opatrností. V dosti případech dochází k trvalému poškození topného tělesa.
Jak byste ohřivač TO 20 změnil(a)?	Současný tvar– vyřadit středový pás a k zadnímu plastovému dílu vylisovat pevnou obrubu z plastu na, kterou by se přední díl nasadil a zafixoval samořeznými vruty , a vyřadil bych ty plechové packy k nimž je současně kapotáž fixována. Pokusit se navrhnout suchou montáž topného tělesa, jak jsme zvyklí u OKCE,OKHE a jiné od DZD.
Děkuji Vám za Váš čas.	

2.1.4 Interpretace potřeb

Ze všech vyjádření na jednotlivé otázky pokládané zákazníkům ve strukturovaném rozhovoru i servisním technikům v dotaznících byly interpretované potřeby na inovovaný výrobek (seznam potřeb viz tab 2.4), těm následně byla přiřazena významnost podle škály významnosti (viz tab. 2.3).



Tab. 2.3: Škála významnosti [1]

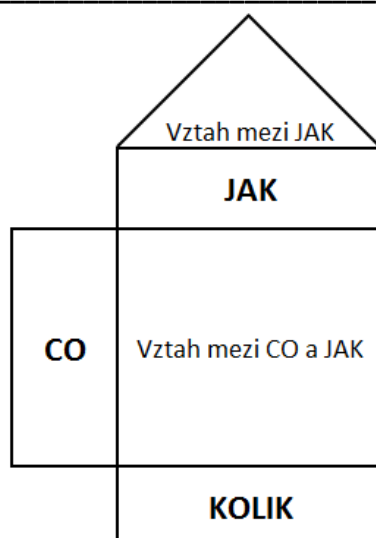
Významnost	Vyjádření významnosti
1	Po této vlastnosti výrobku netoužím, neuvažoval bych o výrobku s podobnou vlastností
2	Tato vlastnost pro mne není významná, ale nevadilo by mi ji mít
3	Bylo by pěkné, aby tuto vlastnost výrobek měl, ale není to nutné
4	Tuto vlastnost výrobku bych velmi ocenil, ale mohl bych uvažovat i o výrobku bez této vlastnosti
5	Kritická vlastnost- o výrobku bez ní nebudu vůbec uvažovat

Tab. 2.4: Interpretované potřeby s přiřazenou relativní významností

Č.	Potřeby		Význam
1	Jednoduchost	Malý počet dílů	4
		Snadná obsluha	4
2	Spolehlivost	Spolehlivá funkčnost	5
		Vysoká účinnost	5
3	Malé rozměry	Nevyčínající do prostoru	3
4	Snadná údržba	Vyměnitelnost topného tělesa	2
		Vyměnitelnost anody	2
		Čištění nádoby	2
5	Snadná montáž	Rychlá montáž	5
		Elektroinstalace pohromadě	4
6	Ohřev vody	Rychlý ohřev vody	5
		Držení teploty	5
7	Nízké energetické ztráty	Nízká vodivost izolace	5
8	Ochrana před korozi	Ochrana proti chemické korozi	4
		Ochrana proti elektrochemické korozi	4
9	Funkce navíc	Zákaznická customizace	2
		Atraktivní vzhled	3
10	Ekologičnost	Snadná separace materiálu	2
		Snadná recyklace	2

2.1.5 Metoda QFD

Jedná se o strukturovanou metodu, která využívá tzv. 7 manažerských nástrojů plánování jakosti pro identifikaci zákaznických potřeb a pro transformaci těchto potřeb v základní technické charakteristiky (parametry) inovovaného produktu [1]. Jejím výsledkem je kombinovaný maticový diagram nazývaný Dům Jakosti (z anglického House of Quality).

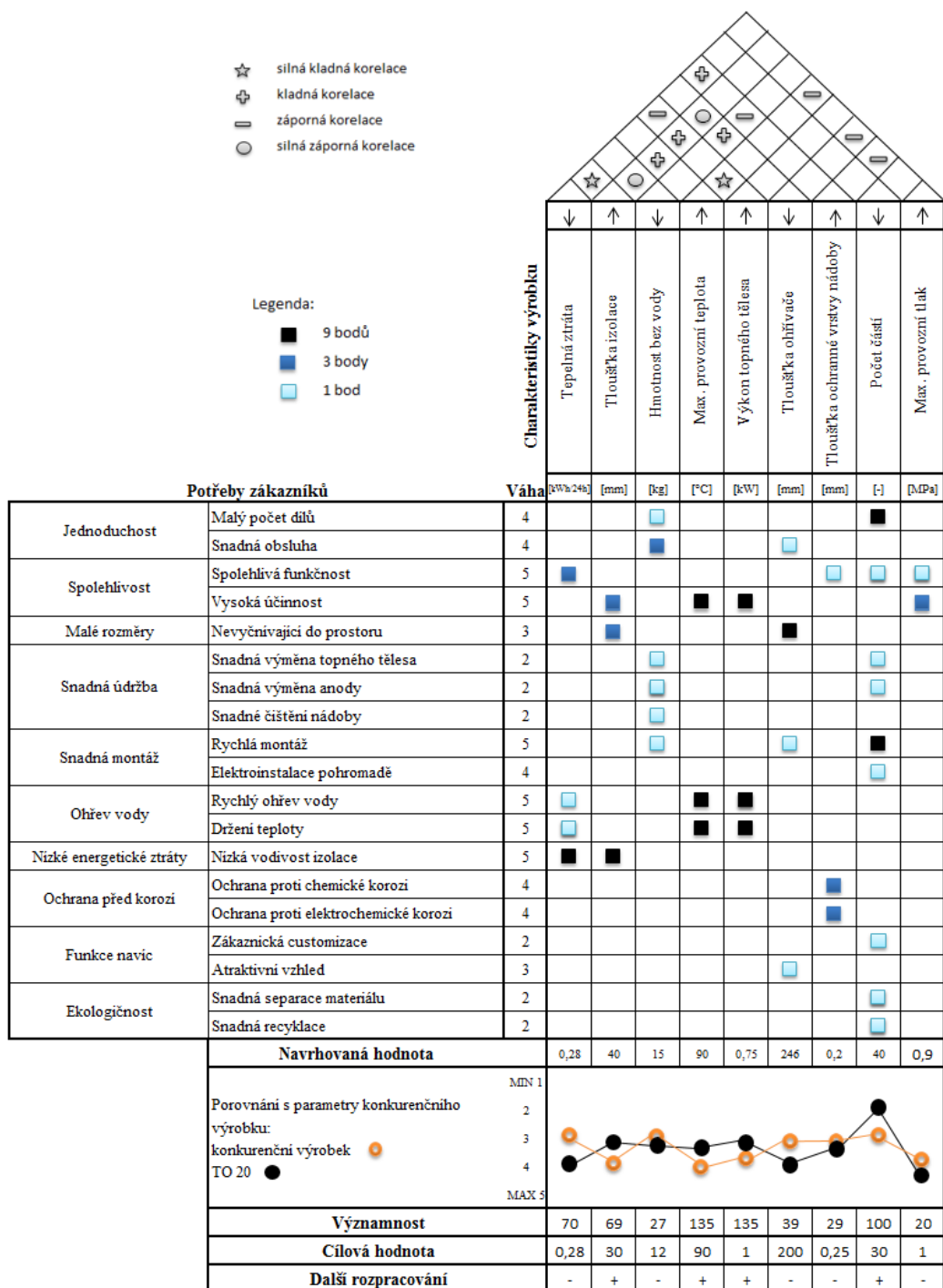


Obr. 2.6: Popis domu jakosti (House of Quality)

Zpracování domu jakosti proběhlo tak, že do pole **CO** (viz popis domu jakosti na obr. 2.6) byly zaneseny zákaznické potřeby s přiřazenými hodnotami relativní významnosti (stupnice 1-5, kde nejnižší bodové hodnocení získávají požadavky, jejichž nesplnění zákazník pravděpodobně ani nezaregistruje, naopak vysoké bodové hodnocení získávají požadavky bez nichž se zákazník neobejde). Do pole **JAK** byly zaneseny základní technické parametry výrobku, jejichž počet byl následně snížen z důvodu přehlednosti jen na ty parametry výrobku, které se týkají potřeb zákazníků. Nad pole **JAK** byly zaznamenány korelace vztahů mezi jednotlivými parametry. Kladné korelace znamenají, že zlepšením hodnot jednoho parametru se zároveň zlepšují i hodnoty jiného parametru, naopak záporné korelace znamenají, že zlepšením hodnot jednoho parametru se zhorší hodnoty parametru druhého. V prostřední části domu jakosti se bodově ohodnotily vztahy mezi **CO** a **JAK**, tedy mezi potřebami zákazníků a základními parametry výrobku. Čím větší bodové ohodnocení vztahu, tím je vliv parametru výrobku na zákaznickou potřebu větší. V poli **KOLIK** byly sepsány navrhované hodnoty parametrů, jejich významnost, která byla vypočítána ze vztahů mezi potřebami zákazníků (a jejich relativní významností) a parametrů výrobku, porovnání výrobku s výrobkem konkurenčním, cílová hodnota parametrů a zhodnocení, zda se bude dále parametr rozpracovávat. Ve zhodnocení byla zvážena významnost jednotlivých parametrů a porovnání výrobku s výrobkem konkurenčním, kde je snaha o parametry lepší, než jsou u konkurenčního výrobku. Zároveň jsou zde však vidět i



parametry, ve kterých je dosaženo o hodně lepších výsledků, než u výrobku konkurenčního, zde pak parametr může být zhoršen a na jeho úkor zlepšen parametr jiný.



Obr. 2.7: Metoda QFD- Dům Jakosti

Z metody QFD (viz obr. 2.7) vychází, že se dále musíme zaměřit na tloušťku izolace, maximální provozní teplotu, výkon topného tělesa a snížit počet součástí ohřívače.

2.1.6 Inovační záměr

Vytvořte elektrický ohřívač vody s objemem vody dostatečně velkým i pro sprchu a s možností připojení více odběrných míst najednou. Ohřívač vody bude při napouštění vody zabránovat mísení studené a teplé vody a bude umožňovat rychlý ohřev vody. Ohřívač bude izolován tak, aby byly sníženy tepelné ztráty a bylo dosaženo minimálně třídy C ecolabellingu.

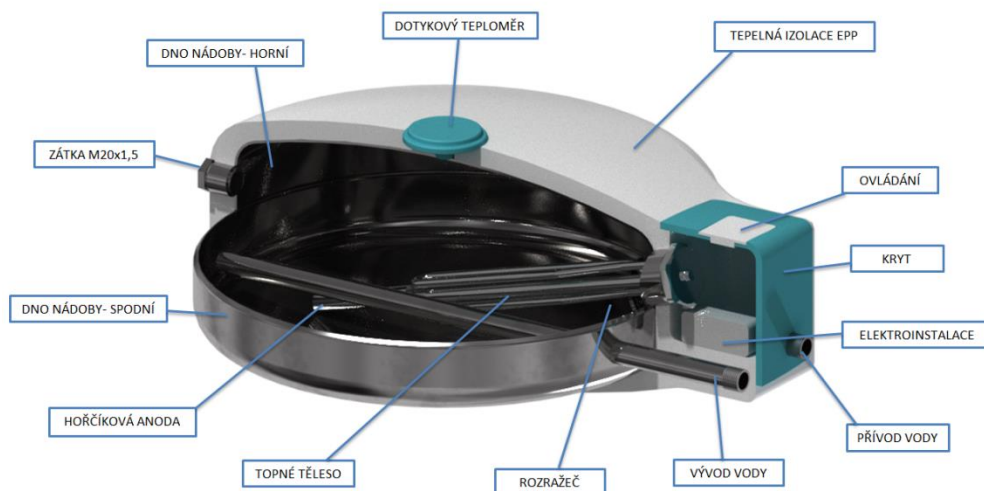
3 TVORBA KONCEPTŮ

3.1 Koncept č. 1

Tento koncept (viz obr. 3.1 a 3.2) je založen na využití materiálu EPP (**Expanded Polypropylen**- univerzální pěna s uzavřenými kuličkami, která nabízí jedinečnou škálu vlastností, včetně vynikající absorpce energie, tepelné izolace, odolnosti proti vodě, chemické odolnosti, vícenásobné odolnosti proti nárazu, mimořádně vysokého poměru pevnosti k hmotnosti a 100% recyklovatelnosti. EPP mohou být v širokém rozsahu hustot, 15 až 200g na litr, které jsou dále tvarovány do hustoty 18 až 260g na litr. Jednotlivé kuličky jsou sloučeny dohromady a tím vytváří finální silný a zároveň lehký materiál. [13]). Tento materiál je využit na izolaci vnitřní tlakové nádoby a zároveň díky svému atraktivnímu vzhledu odstraňuje nutnost použití vnějšího krytu ohřívače spolu se spojovací pryží a šroubových spojů. Tím se zásadně zlehčuje montáž ohřívače.



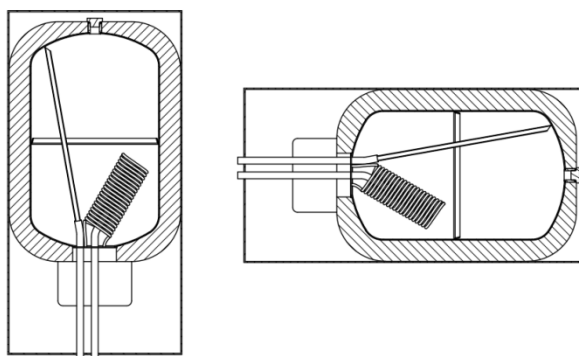
Obr. 3.1: Koncept č. 1 elektrického ohřívače vody



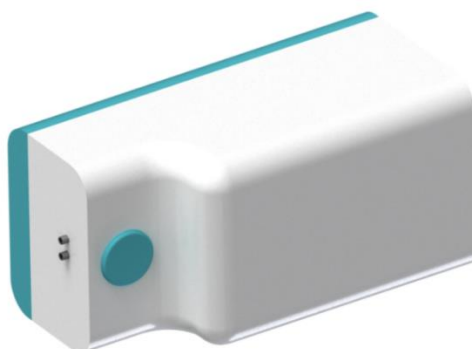
Obr. 3.2: Koncept č. 1 elektrického ohřívače vody – řez

3.2 Koncept č. 2

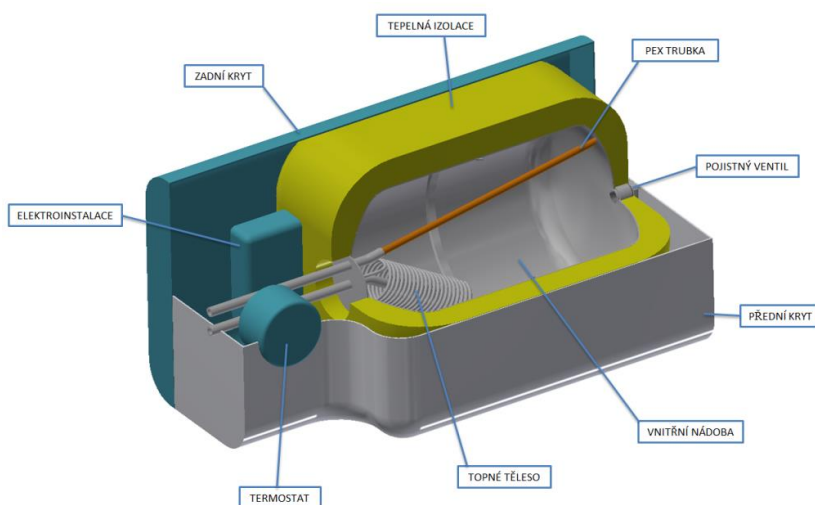
Tento koncept (viz obr. 3.4 a obr. 3.5) je založen na smaltované vnitřní nadrži obalené tepelnou izolací zasazené v krytu. Topné těleso s hořčíkovou anodou spolu s přívodem a odvodem vody je položeno tak, že umožňuje svislé i vodorovné umístění elektrického ohřívače vody (viz. Obr. 3.3).



Obr. 3.3: Možnost svislého i vodorovného umístění v konceptu č. 2



Obr. 3.4: Koncept č. 2 elektrického ohřívače vody



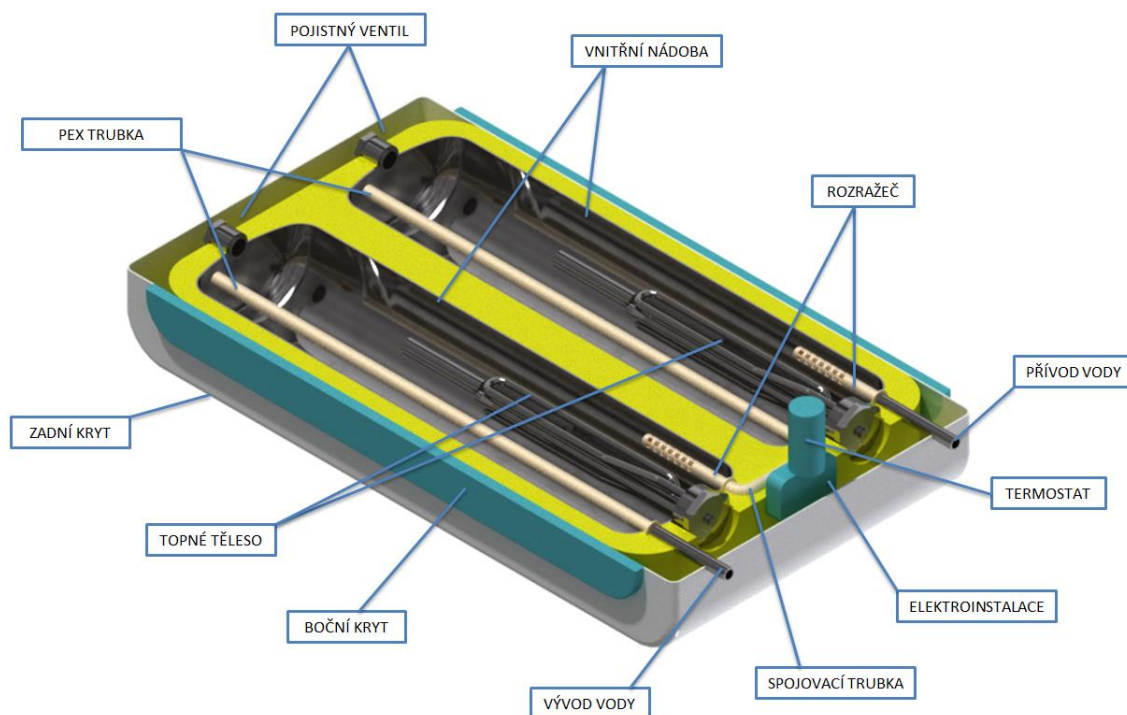
Obr. 3.5: Koncept č. 2 elektrického ohřívače vody – řez

3.3 Koncept č. 3

Tento koncept (viz obr. 3.6 a obr. 3.7) je založen na použití dvou vnitřních nádrží (obě nádrže jsou vybaveny topným tělesem s hořčíkovou anodou, přívodem a vývodem vody a pojistným ventilem) propojených spojovací trubicou a zapněných do tepelné izolace, která je obklopena plastovým krytem, na kterém je umístěno světlo a zrcadlo.



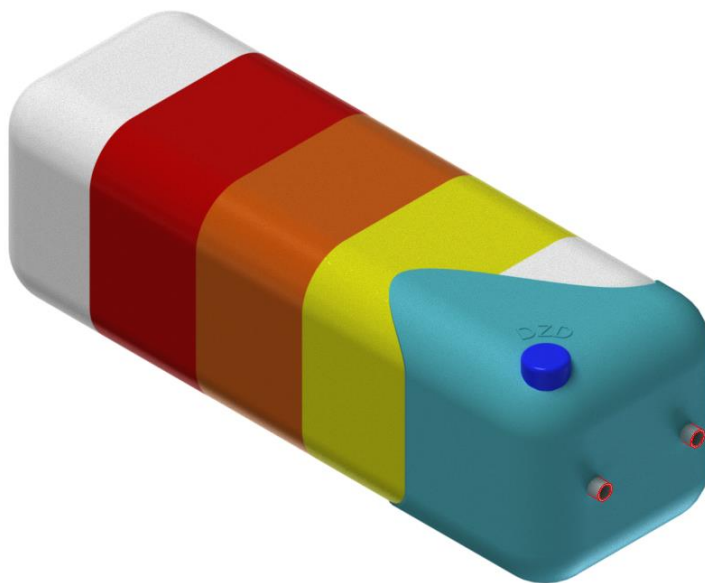
Obr. 3.6: Koncept č. 3 elektrického ohřívače vody



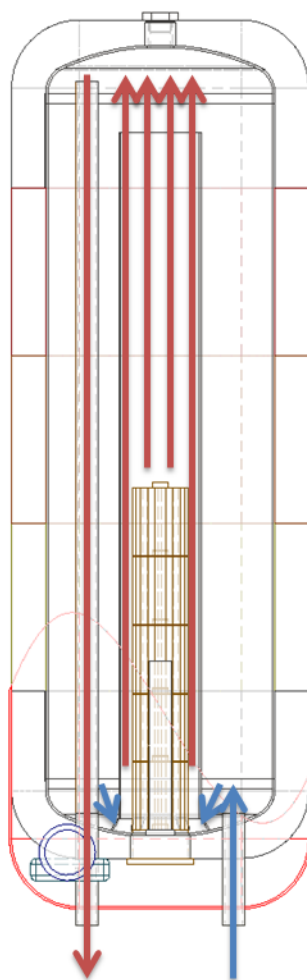
Obr. 3.7: Koncept č. 3 elektrického ohřívače vody – řez

3.4 Koncept č. 4

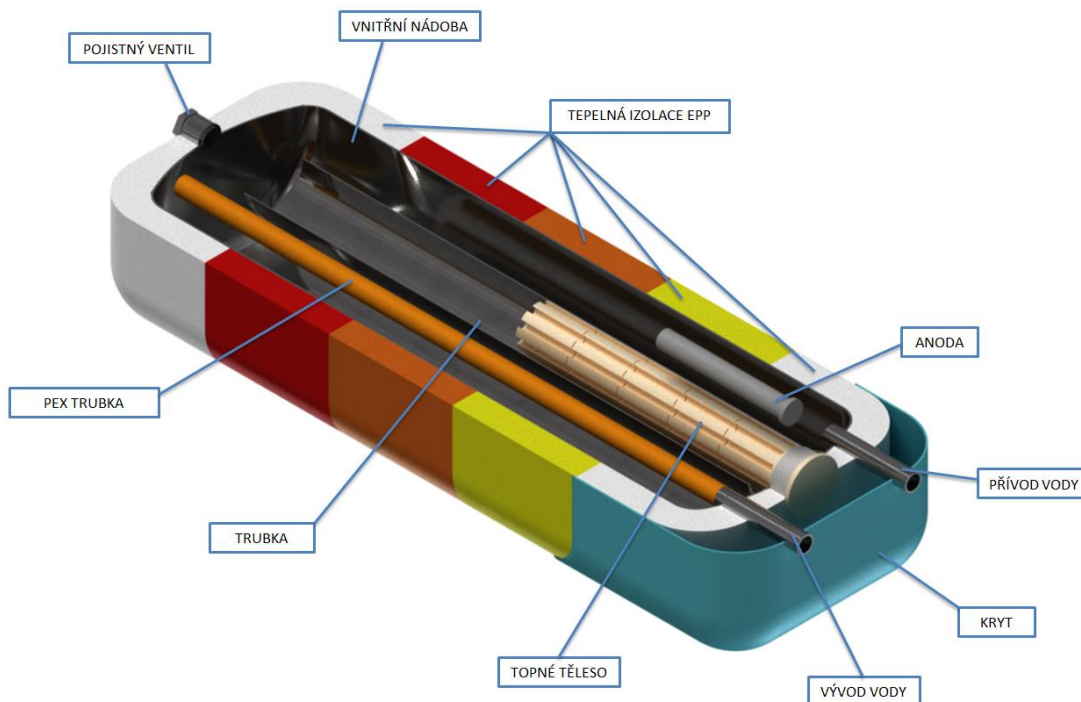
Tento koncept (viz obr. 3.8 a obr. 3.10) je založen na zákaznickém požadavku rychlého ohřevu vody a na aplikovatelnosti jednotlivých dílů na varianty elektrických ohřívačů s objemy 20l, 15l, 10l a 5l odebráním dílů tepelné izolace a zmenšením pláště vnitřní nádoby. Separovatelnost tepelné izolace zároveň přispívá k snadnému ekologickému třídění materiálu pro recyklaci. Rychlý ohřev vody je zajištěn přidáním trubky, která usměrní proud teplé vody, která stoupá trubkou k vrcholu nádoby, kde se teplá voda odebere (viz obr. 3.9). Trubka je přivařena ke dnu nádoby a v její spodní části jsou otvory pro přívod studené vody. Jako tepelná izolace je využit materiál EPP (Expanded Polypropylen), který svým vzhledem a možností barevných variací umožňuje zákaznickou customizaci ohřívače.



Obr. 3.8: Koncept č. 4 elektrického ohřívače vody



Obr. 3.9: Znázornění proudění vody v konceptu č.4 elektrického ohřívače



Obr. 3.10: Koncept č. 4 elektrického ohřívače vody – řez

3.5 Posouzení konceptů z hlediska výhod a nevýhod

3.5.1 Koncept č.1:

- Výhody:
- jednoduchá konstrukce
 - nízký počet dílů
 - snadná montáž
 - odstraněním krytu snadný přístup k montážním prvkům
 - nevyčnívající do prostoru
 - malá hmotnost
 - dobrá recyklovatelnost materiálů
- Nevýhody:
- v okolí nátrubku u topného tělesa může vznikat koroze
 - materiál EPP zhoršuje ecolabelling

3.5.2 Koncept č.2:

- Výhody:
- jednoduchá konstrukce
 - ecolabelling



-
- malá hmotnost
 - dobrá recyklovatelnost materiálů

Nevýhody:

- složitější montáž, obzvlášť při poloze na zdi
- větší počet dílů
- vyčnívající do prostoru

3.5.3 Koncept č.3:

Výhody:

- nevyčnívající do prostoru
- ecolabelling
- odstraněním krytu snadný přístup k montážním prvkům
- dobrá recyklovatelnost materiálů

Nevýhody:

- cena
- složitější montáž
- vysoký počet dílů
- vysoká hmotnost

3.5.4 Koncept č.4:

Výhody:

- jednoduchá konstrukce
- nízký počet dílů
- snadná montáž
- odstraněním krytu snadný přístup k montážním prvkům
- nevyčnívající do prostoru
- malá hmotnost
- dobrá recyklovatelnost materiálů
- aplikovatelnost dílů na nádoby 5l, 10l, 15l, 20l

Nevýhody:

- materiál EPP zhoršuje ecolabelling

3.6 Výběr konečného konceptu

Na základě uvedených výhod a nevýhod byla sestavena tabulka hodnotící koncepty (viz tab. 3.1). Jde o iterativní proces výběru konečného konceptu elektrického ohřívače. Porovnávají se jednotlivá řešení a vybírá se jeden nebo několik konceptů pro



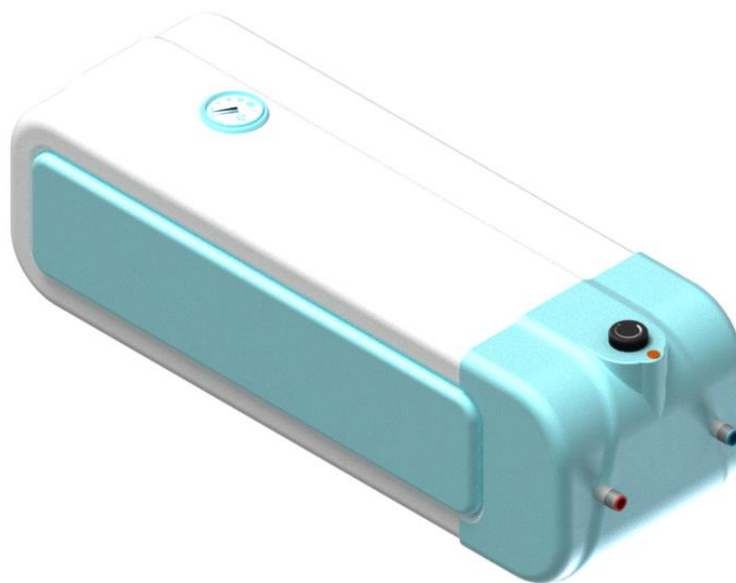
další optimalizaci a testování. Rozhodnutí o nejlepším konceptu bylo realizováno metodou analýzy silných a slabých stránek jednotlivých konceptů.

Tab.3.1: Rozhodovací tabulka pro výběr konečného konceptu

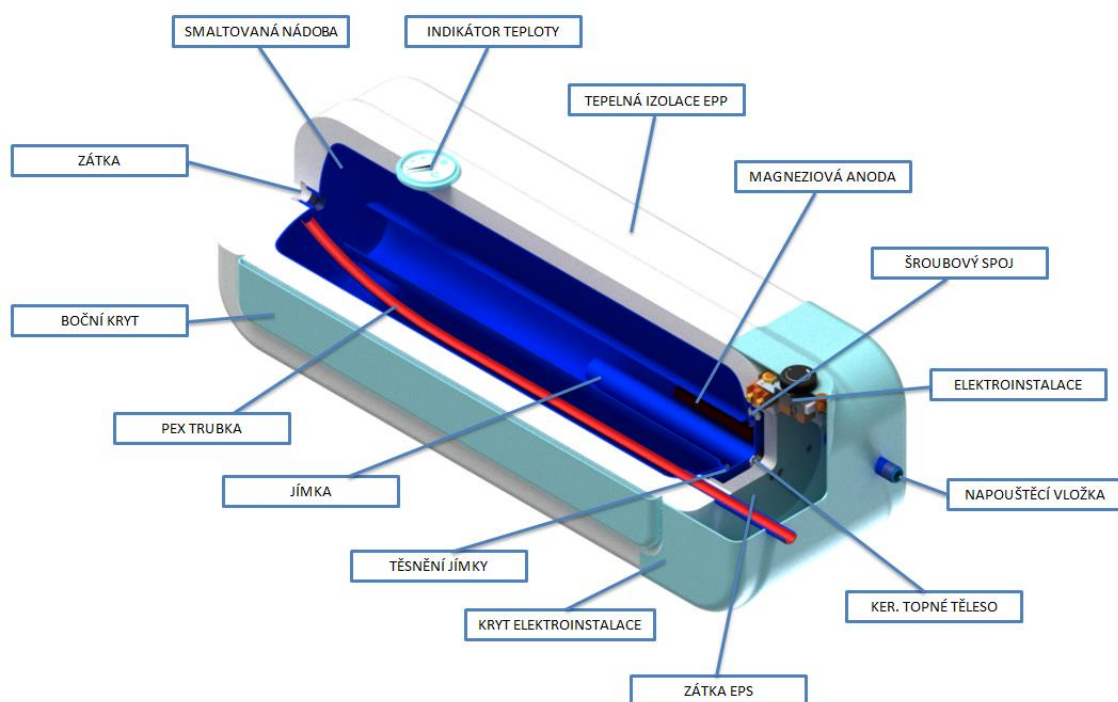
KRITÉRIUM	váha	KONCEPTY							
		I.		II.		III.		IV.	
		hodnota	vážená hodnota	hodnota	vážená hodnota	hodnota	vážená hodnota	hodnota	vážená hodnota
počet dílů	5	5	25	3	15	2	10	4	20
odolnost korozi	5	3	15	3	15	3	15	5	25
hmotnost	3	5	15	3	9	2	6	4	12
šířka	3	3	9	1	3	5	15	4	12
estetičnost	2	4	8	2	4	5	10	5	10
přístup k montážním prvkům	2	5	10	3	6	4	8	5	10
náročnost výroby	4	5	20	3	12	3	12	4	16
náročnost montáže	3	5	15	3	9	4	12	5	15
recyklovatelnost	1	4	4	2	2	3	3	4	4
ecolabelling	4	2	8	3	12	3	12	2	8
SOUČET		129		87		103		132	
POŘADÍ		2.		4.		3.		1.	
DALŠÍ POSTUP		NE		NE		NE		ANO	

3.7 Finální model elektrického ohřívače

Na základě rozhodovací tabulky pro výběr konečného konceptu byl vybrán koncept IV. Tento koncept je založen na zákaznickém požadavku rychlého ohřevu vody a na aplikovatelnosti jednotlivých dílů na varianty elektrických ohřívačů s objemy 20l, 15l, 10l a 5l odebráním dílů tepelné izolace a zmenšením pláště vnitřní nádoby. Rychlý ohřev vody je zajištěn usměrněním teplé vody pomocí trubky, která vede teplou vodu k vrcholu nádoby, kde se následně odebere. Jako tepelná izolace je využit materiál EPP (Expanded Polypropylen), který svým vzhledem a možností barevných variací umožňuje zákaznickou customizaci vzhledu ohřívače. Finální koncept byl důkladně vymodelován v programu Autodesk Inventor (model ohřívače viz obr. 3.11).

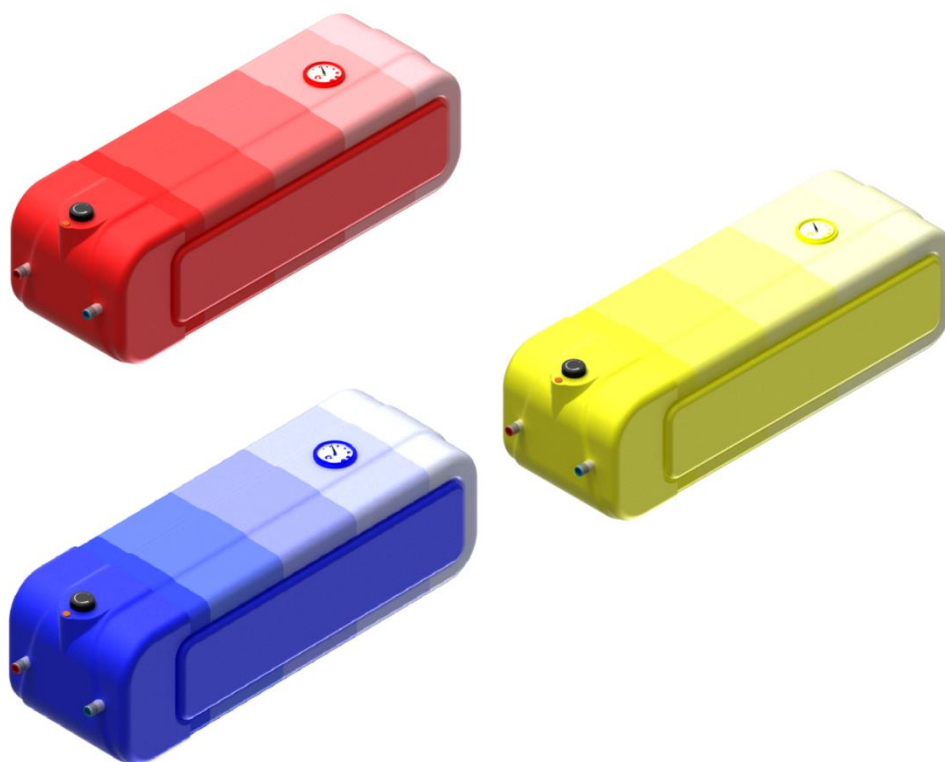


Obr. 3.11: Finální model elektrického ohřívače



Obr. 3.12: Finální model elektrického ohřívače- řez

Na obr. 3.12 je zobrazen řez elektrickým ohřívačem vody. Ohřívač se skládá ze smaltované nádoby, do které je z horní strany našroubována zátka obsahující těsnění a ze spodní strany vloženo těsnění jímky a následně jímka s uchycenou magneziovou anodou. Jímka je k nádobě připojena šesti šroubovými spoji (metrické šrouby s kulatou hlavou a čtyřhranným krkem a metrické přírubové matice, pod které není nutné dávat podložky). Do jímky je zasunuto keramické topné těleso a zajištěno držákem topného tělesa. Celá nádoba je zaizolována tepelnou izolací EPP (drženou u sebe dvěma bočními kryty) a zátkou EPS, která izoluje jímku. Do izolace EPP je zasunut indikátor teploty. Jímka je zakryta krytem elektroinstalace, do kterého je už namontována elektroinstalace obsahující termostat, tepelnou pojistku, držák svorkovnice, šestipólovou svorkovnici, signální doutnavku s krytem, knoflík termostatu a dva šrouby, které drží elektroinstalaci na krytu. V nátrubcích vystupujících z ohřívače je zasunuta napouštěcí vložka a PEX trubka sloužící k odběru teplé vody.



Obr. 3.13: Příklady možných barevných variací pro zákaznickou customizaci



Na obr. 3.13 jsou znázorněny barevné varianty pro zákaznicou customizaci. Tepelná izolace se skládá z pěti dílů izolace, což umožňuje jednoduchou modifikaci i na jiné objemy elektrického ohřívače jednoduchým složením potřebného počtu dílů izolace k danému objemu nádoby. Materiál EPP je vzhledově pěkný a je jednoduché měnit jeho barvu přidáním přísad, tím odpadá potřeba vnějšího pláště ohřívače, který se obvykle používá pro zakrytí nevzhledné izolace.

3.7.1 Výpočet tlakové nádoby

Výpočet proveden dle normy :

ČSN 69 0010 TLAKOVÉ NÁDOBY STABILNÍ - Technická pravidla [5]

Výpočet pevnosti

Použití pro základní části tlakových nádob namáhaných staticky. Za staticky namáhané části je možno považovat i části tlakových nádob namáhané cyklicky při najíždění na pracovní přetlak a teplotu, jestliže počet těchto najíždění nepřekročí 10^3 cyklů za dobu životnosti nádoby.

Výpočtový přetlak:

Výpočtový přetlak, pokud není stanoveno jinak, je nejvyšší pracovní přetlak v nádobě, vznikající při normálním průběhu pracovního procesu, zvětšený o přetlak hydrostatický (1), jestliže činí 5% nebo více nejvyššího pracovního přetlaku.

Při určování výpočtového přetlaku se nebere ohled na krátkodobé zvýšení přetlaku při činnosti pojistných zařízení.

Hydrostatický tlak:

$$p_h = \rho \cdot g \cdot h \quad (1)$$

$$p_h = \rho \cdot g \cdot h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,7 = 14715 \text{ Pa} = 0,015 \text{ MPa}$$

Nejvyšší pracovní přetlak je $1,0 \text{ MPa} \Rightarrow 5\%$ je $0,05 \text{ MPa} > p_h$



Kde:

ρ	$[\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$	.....	hustota (hustota vody je $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
g	$[\text{m} \cdot \text{s}^{-2}]$	.....	gravitační zrychlení
h	$[\text{m}]$	.....	výška nádrže ($h = 0,695 \cong 0,7\text{m}$)

Dovolené namáhání ze vztahu:

U oceli se dovolené namáhání (2) určuje z meze kluzu a součinitele bezpečnosti.

$$\sigma_D = \frac{R_e}{x_1} \quad (2)$$

Kde:

R_e	$[\text{MPa}]$	.....	mez kluzu
x_1	$[1]$	.....	součinitel bezpečnosti

Přídavek c k základní výpočtové tloušťce

Přídavek c je dán součtem (3) :

$$c = c_1 + c_2 = 0 + 0 = 0 \quad (3)$$

Součinitel hodnoty svarového spoje : v je podle čl. 599, popř. 600 [5]

U bežešvých částí nádob $v = 1$, pro svařované automatem v CO_2 $v = 0,7$.

Tlaková zkouška

Provádí se zkušebním přetlakem p_z .

Součinitel bezpečnosti :

$x_z = 1,1$ k mezi kluzu při 20°C u oceli válcované nebo kované

Způsob provedení kontroly je uveden u jednotlivých částí výpočtů.

Výpočet tloušťky stěny válcového pláště s vnitřním přetlakem

Musí platit vztah (4):

$$\frac{D}{D-(2 \cdot s_p)} \leq 1,3 \quad \text{.....platí označení dle článku 223 [5].} \quad (4)$$



Po dosazení:

$$\frac{200}{200-(2 \cdot 1)} = 1,010 \leq 1,3 \dots \text{splněno}$$

Výpočtová teplota : podle článku 204. [11] je 100°C. Tato teplota bude platně použita pro všechny další výpočty součástí nádoby.

Součinitel bezpečnosti :

$$\text{pro ocel } x_1 = 1,5$$

Materiál :

11 321, označení oceli podle EN 10027-1: DC01EK Re = 235 Mpa [6]

Výpočet σ_D :

$$\sigma_D = \frac{R_e}{x_1} = \frac{235}{1,5} = 156,7 \text{ MPa}$$

Výpočet tloušťky stěny pro provozní podmínky

Tloušťka stěny (5) je dána součtem nejmenší možnou tloušťkou stěny pro provozní podmínky (6) a přídavkem c:

$$s = s_0 + c \tag{5}$$

$$s_0 = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \sigma_D \cdot v + p} \tag{6}$$

Kde:

p [MPa] provozní tlak

$$s_0 = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \sigma_D \cdot v + p} = \frac{1,0 \cdot 200}{2 \cdot 156,7 \cdot 0,7 + 1} = 0,91 \text{ mm}$$

Kontrola tloušťky stěny pláště pro tlakovou zkoušku: čl. 227. [5]

Použitý zkušební přetlak $p_z = 1,3 \text{ Mpa}$

$$s = s_0 = \frac{p_z \cdot D}{2 \cdot \sigma_{Dz} \cdot v + p_z} = \frac{1,3 \cdot 200}{2 \cdot 213,6 \cdot 0,7 + 1,3} = 0,87 \text{ mm}$$

$$\sigma_{Dz} = \frac{\sigma_{kt20}}{x_z} = \frac{235}{1,1} = 213,6 \text{ MPa}$$

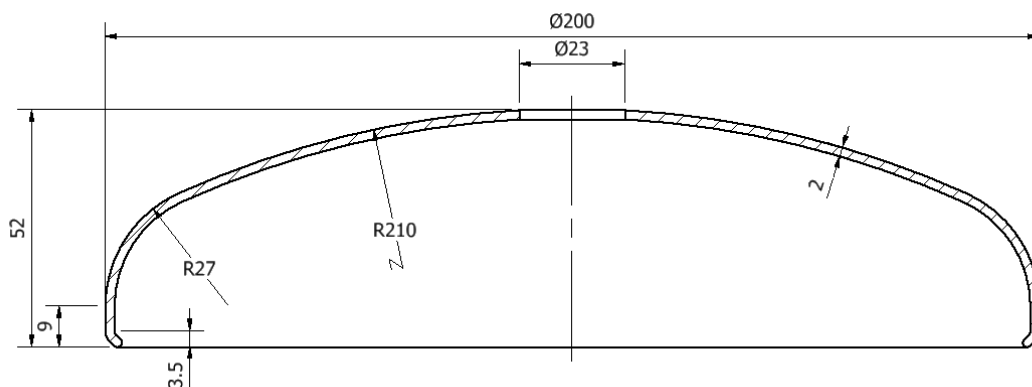
Rozhodující hodnota je vždy ta méně příznivá (větší tloušťka stěny, vyztužení, vyhrdlení, menší nevyztužený otvor apod.) z hodnot vypočtených pro provozní podmínky a tlakovou zkoušku.

Minimální vypočítaná tloušťka stěny válcového pláště je 0,91 mm.

Provedená tloušťka stěny : $s_p = 1 \text{ mm}$

Výpočet tloušťky stěny dna:

Výpočet platí i pro dna hluboce klenutá , namáhaná vnitřním nebo vnějším přetlakem (výlisek dna svařené nádoby viz obr. 3.14).



Obr. 3.14: Výlisek dna svařené nádoby

Pokud je provedená délka válcové části lemu menší než $0,25 \cdot \sqrt{D \cdot s}$ (tj. v našem případě po dosazení : $0,25 \cdot \sqrt{200 \cdot 1} = 3,54 \text{ mm}$) , musí svarový spoj dna s připojenou částí vyhovovat všem požadavkům kladeným na součinitel hodnoty svarového spoje, použitý pro podélný spoj. [5]

podle výkresu dna je zřejmé :

$$\text{lem } l = 3,5 < 3,54 \text{ (spoj musí vyhovovat výše uvedeným požadavkům)}$$

Součinitel bezpečnosti :

$$\text{pro ocel } x_1 = 1,5$$



Materiál :

11 321, označení oceli podle EN 10027-1: DC01EK $R_e = 235 \text{ MPa}$ [6]

Výpočet σ_D :

$$\sigma_D = \frac{R_e}{x_1} = \frac{235}{1,5} = 156,7 \text{ MPa}$$

Výpočet tloušťky stěny při vnitřním přetlaku

Nejmenší tloušťka dna pro provozní podmínky (7):

$$s = s_0 = \frac{D \cdot p \cdot \beta}{4 \cdot \sigma_D} + 1 \quad (7)$$

β je z diagramu [5] podle poměru (8):

$$\frac{H}{D} = \frac{52}{200} = 0,26 \rightarrow \beta \text{ určeno } 1,9 \quad (8)$$

$$s = s_0 = \frac{D \cdot p \cdot \beta}{4 \cdot \sigma_D} + 1 = \frac{200 \cdot 1,0 \cdot 1,9}{4 \cdot 156,67} = 0,61 \text{ mm}$$

Kontrola pro tlakovou zkoušku

Kontroluje se podle vzorce (7) do něhož se za p dosadí p_z a za σ_D se dosadí σ_{Dz} .

$$s = s_0 = \frac{D \cdot p_z \cdot \beta}{4 \cdot \sigma_{Dz}} + 1 = \frac{200 \cdot 1,3 \cdot 1,9}{4 \cdot 213,6} = 0,58 \text{ mm}$$

Minimální vypočítaná tloušťka stěny dna je 0,61mm.

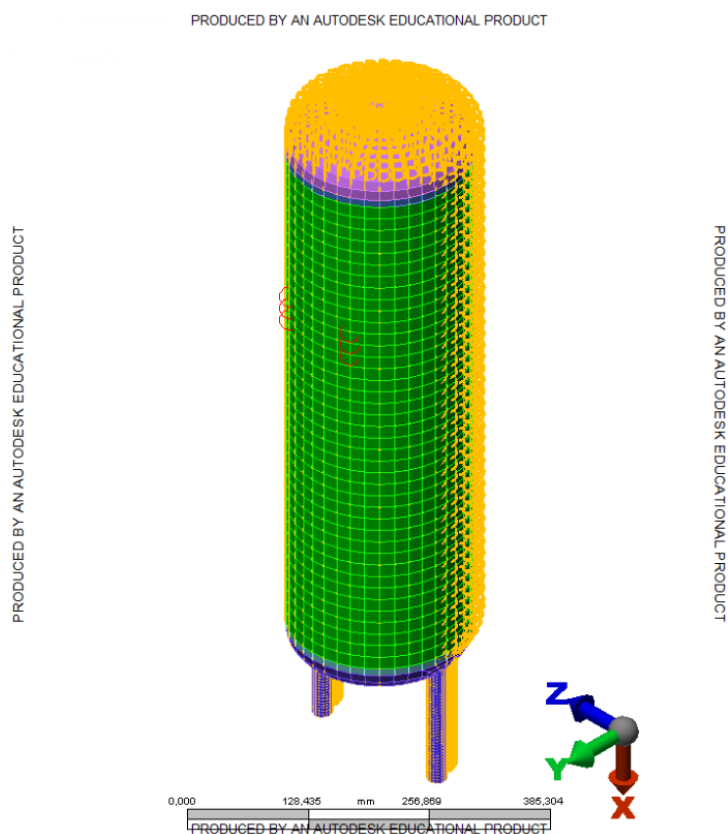
Provedená tloušťka stěny : $s_p = 1 \text{ mm}$

3.7.2 Simulace tlakové zkoušky využitím MKP

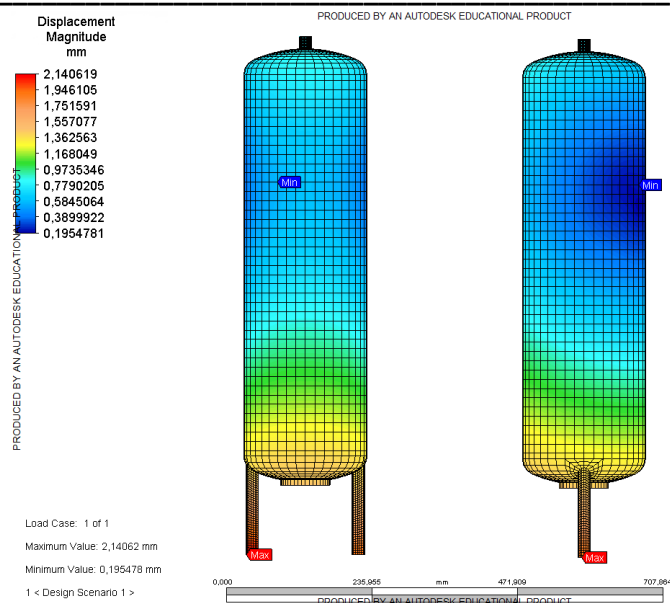
Metoda konečných prvků (MKP) je numerická metoda sloužící k simulaci průběhu napětí, deformací, vlastních frekvencí, proudění tepla, jevů elektromagnetismu, proudění tekutin atd. na vytvořeném fyzikálním modelu. Její princip spočívá v diskretizaci spojitého kontinua do určitého (konečného) počtu prvků, přičemž zjišťované parametry jsou určovány v jednotlivých uzlových bodech. MKP je užívána především pro kontrolu již navržených zařízení nebo pro stanovení kritického (nejnamáhanějšího) místa konstrukce. V tomto případě MKP bylo využito programu

Autodek Simulation Multiphysics k simulaci průběhu napětí a deformací ve vnitřní svařené nádobě ohřívače vody.

V softwaru byla s pomocí P/V Designeru vymodelována tenkostěnná tlaková nádoba (viz. Obr 3.15). Následně jí byly přiřazeny okrajové podmínky, zadán směr gravitace a teplota 90° , což je maximální teplota, které dosahuje ohřátá voda v nádobě. Na celé tlakové nádobě byl zadán tlak 0,9 MPa a provedena analýza (viz obr 3.16, obr 3.17).

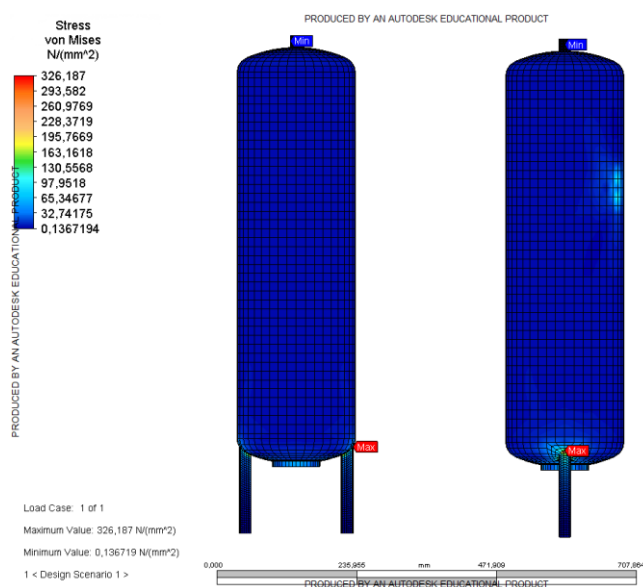


Obr. 3.15: Tenkostěnná tlaková nádoba vymodelována v P/V Designeru se zadanými okrajovými podmínkami, gravitací, teplotou a tlakem.



Obr. 3.16: Simulace posunutí

Při simulaci posunutí vyšlo maximální posunutí 2,14mm a to na koncích nátrubků přívodu a vývodu vody z nádoby.



Obr. 3.17: Simulace napětí

Při simulaci napětí von Mises vyšlo maximální napětí 326 MPa v místě svaření nátrubků přívodu a vývodu vody se dnem nádoby, po zbytku nádoby vyšlo napětí minimální.

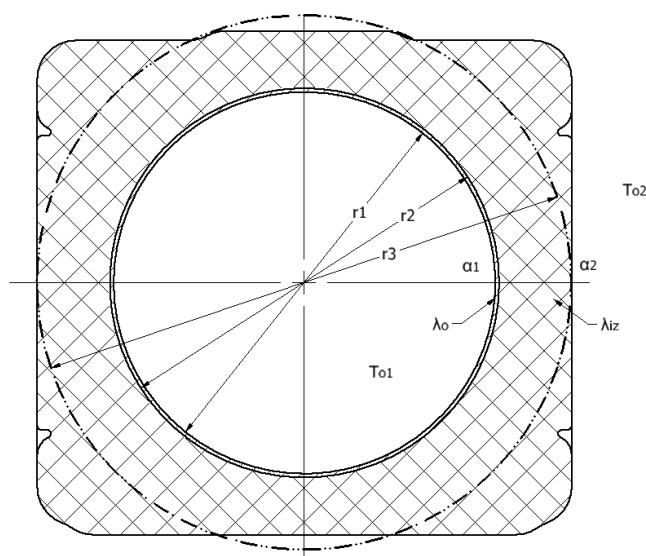
3.7.3 Výpočet tepelného toku

Z důvodu zjednodušení ohříváče vody budou výpočty pouze orientační. Pro přesné zjištění tepelného toku je nutné použít metody konečných prvků nebo tepelný tok změřit na reálném prototypu. Pro zjednodušení výpočtů budeme uvažovat ohříváč vody jako vícevrstvou trubku (složenou z pláště nádoby a válcové izolace) a dvou kruhových vícevrstevných stěn (složených z plechu tvořícího dna nádoby a tepelnou izolací) nahrazujících vrchlíky ohříváče.

Skrze stěny ohříváče probíhá nejčastější případ složeného sdílení tepla a to prostup neboli průchod tepla stěnou. Pod tímto pojmem se rozumí případ sdílení tepla mezi dvěma tekutinami, když je odděluje pevná a pro tekutinu neprostupná stěna (v našem případě stěna složená). Na plochách smočených tekutinou dochází k tepelné konvekci, v jednotlivých vrstvách pevné stěny pak k vedení tepla [3].

Prostup tepla vícevrstvou silnostěnnou trubkou délky L :

Pro výpočet uvažujeme největší možnou teplotu vody ($T_{o1}=90\text{ }^{\circ}\text{C}$) a venkovní teplotu místnosti ($T_{o2}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Jako tloušťku izolace bereme nejmenší možnou tloušťku izolace na válcové ploše ohříváče. Rozměry potřebné pro výpočet jsou znázorněny viz obr.3.18.



Obr. 3.18: Část řezu ohříváčem vody



$$\dot{Q}_t = \frac{2\pi \cdot L \cdot \Delta t_s}{\frac{1}{\alpha_{t1} \cdot r_1} + \frac{1}{\lambda_o} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\lambda_{iz}} \ln \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{\alpha_{t2} \cdot r_3}} \quad (9)$$

$$L = l_t + 2 \cdot l_d \quad (10)$$

Kde:

\dot{Q}_t	[W]	.....tepelný tok vícevrstvou silnostěnnou trubkou
L	[m]	..... celková délka vícevrstvé trubky
l_t	[m]	..... délka pláště nádoby
l_d	[m]	.....délka trubky na dnech nádoby
Δt_s	[°C]	.....rozdíl teploty vody a teploty vzduchu v místnosti ($T_{o2} - T_{o1}$)
λ_o	[W · m ⁻¹ · K ⁻¹]	.....tepelná vodivost oceli
λ_{iz}	[W · m ⁻¹ · K ⁻¹]	.....tepelná vodivost izolace
r_1	[m]	.....vnitřní poloměr pláště nádoby
r_2	[m]	.....vnější poloměr pláště nádoby /vnitřní poloměr izolace
r_3	[m]	.....vnější poloměr izolace
α_{t1}	[W · m ⁻² · K ⁻¹]	.....součinitel přestupu tepla na vnitřním poloměru silnostěnné trubky
α_{t2}	[W · m ⁻² · K ⁻¹]	.....součinitel přestupu tepla na vnějším poloměru silnostěnné trubky

Tepelná vodivost oceli [14]:

$$\lambda_o = 52 \div 63 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Tepelná vodivost izolace EPP [15]:

$$\lambda_{iz} = 0,26 \text{ (K)BTU} - \frac{\text{in}}{\text{ft}^2} - \text{hr} - ^\circ\text{F} = 0,0375 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$



Součinitel přestupu tepla vypočten viz tab. 3.2:

Tab.3.2: Výpočet součinitele přestupu tepla [4].

		voda o teplotě 90 °C	vzduch o teplotě 20 °C	
Teplota	t	90	20	°C
Charakteristický rozměr	Lchar	0,26		m
Kinematická viskozita	v	0,000000325	0,00001535	m ² /s
Součinitel tepelné vodivosti	λ	0,675	0,0257	W/(mK)
Prandtlovo číslo	Pr	2	0,71	1
Izobar. souč. objemové roztlačnosti	β	0,000689	0,003047387	1/K
Grashofovo číslo	Gr	78729880320	156098210	1
Nusseltovo číslo	Nu	296,0671715	48,22385512	1
Součinitel přestupu tepla pro trubku	α _t	768,635926	4,766742602	W/(m ² K)
Součinitel přestupu tepla pro stěnu	α _s	340,1622822	55,40613142	W/(m ² K)

Dosazeno do (9) a (10):

$$L = l_t + 2 \cdot l_d = 0,6 + 2 \cdot 0,09 = 0,618m$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_t &= \frac{2\pi \cdot L \cdot \Delta t_s}{\frac{1}{\alpha_{t1} \cdot r_1} + \frac{1}{\lambda_o} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\lambda_{iz}} \ln \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{\alpha_{t2} \cdot r_3}} = \\ &= \frac{2\pi \cdot 0,618 \cdot (90 - 20)}{\frac{1}{768,6 \cdot 0,99} + \frac{1}{52} \ln \frac{1}{0,99} + \frac{1}{0,0375} \ln \frac{0,130}{0,1} + \frac{1}{4,8 \cdot 0,130}} = 31,6W \end{aligned}$$

Prostup tepla kruhovou vícevrstvou stěnou o ploše A:

Pro výpočet uvažujeme největší možnou teplotu vody ($T_{o1}=90$ °C) a venkovní teplotu místnosti ($T_{o2}=20$ °C). Jako tloušťku izolace bereme nejmenší možnou tloušťku izolace na vrchlíku ohřívače.

$$\dot{Q}_s = \frac{A \cdot \Delta t_s}{\frac{1}{\alpha_{s1}} + \frac{b_1}{\lambda_o} + \frac{b_2}{\lambda_{iz}} + \frac{1}{\alpha_{s2}}} \quad (11)$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (12)$$



Kde:

\dot{Q}_s	[W]	.....tepelný tok vícevrstvou stěnou
α_{s1}	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	.....součinitel přestupu tepla na vnitřním poloměru vícevrstvé stěny
α_{s2}	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	.....součinitel přestupu tepla na vnějším poloměru vícevrstvé stěny
b_1	[m]	.....tloušťka první vrstvy
b_2	[m]	.....tloušťka druhé vrstvy
A	$[m^2]$	.....plocha kruhové vícevrstvé stěny

Dosazeno do (11) a (12):

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,26^2}{4} = 0,05m^2$$

$$\dot{Q}_s = \frac{A \cdot \Delta t_s}{\frac{1}{\alpha_{s1}} + \frac{b_1}{\lambda_o} + \frac{b_2}{\lambda_{iz}} + \frac{1}{\alpha_{s2}}} = \frac{0,05 \cdot (90 - 20)}{\frac{1}{340,2} + \frac{0,001}{52} + \frac{0,030}{0,0375} + \frac{1}{55,4}} = 4,26W$$

Celkový tepelný tok ohřívače vody:

Celkový tepelný tok ohřívače vody se skládá z tepelného toku vícevrstvé silnostěnné trubky a dvou kruhových vícevrstvých silnostěnných stěn viz vzorec (13).

$$\dot{Q} = \dot{Q}_t + 2 \cdot \dot{Q}_s \quad (13)$$

Kde:

\dot{Q}	[W]celkový tepelný tok v ohřívači vody
-----------	-----	--

Dosazeno do (13):

$$\underline{\dot{Q} = \dot{Q}_t + 2 \cdot \dot{Q}_s = 31,6 + 2 \cdot 4,26 = 40,12W}$$

3.7.4 Simulace průběhu teplot a tepelného toku v ohříváči využitím MKP

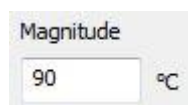
Pro usnadnění simulace byl použit zjednodušený model sestavy ohříváče vody sestavený pouze ze smaltované nádoby, jímky s topným tělesem, izolace, izolační zátky, krytu elektroinstalace a vody vyplňující nádobu. Zároveň byly zjednodušeny i jednotlivé součásti. Samotná metoda konečných prvků byla provedena v programu Autodesk Simulation Multiphysics. Po načtení modelu již s definovanými materiálovými vlastnostmi byla provedena diskretizace modelu (generována síť). Dále byly zadány okrajové podmínky (viz obr. 3.22). To znamená, že byla zadána konvekce vnějšího prostředí o teplotě 20° C (viz obr. 3.19) a konvekčním koeficientem $3,217 \cdot 10^{-6}$ (viz obr. 3.20), teplota vody byla nastavena na maximální možnou teplotu, které voda dosáhne a to teplotu 90° C (viz obr. 3.21) a na vstupu vody do ohříváče byla nastavena teplota vody 20° C.



Obr. 3.19: Nastavení teploty okolního prostředí



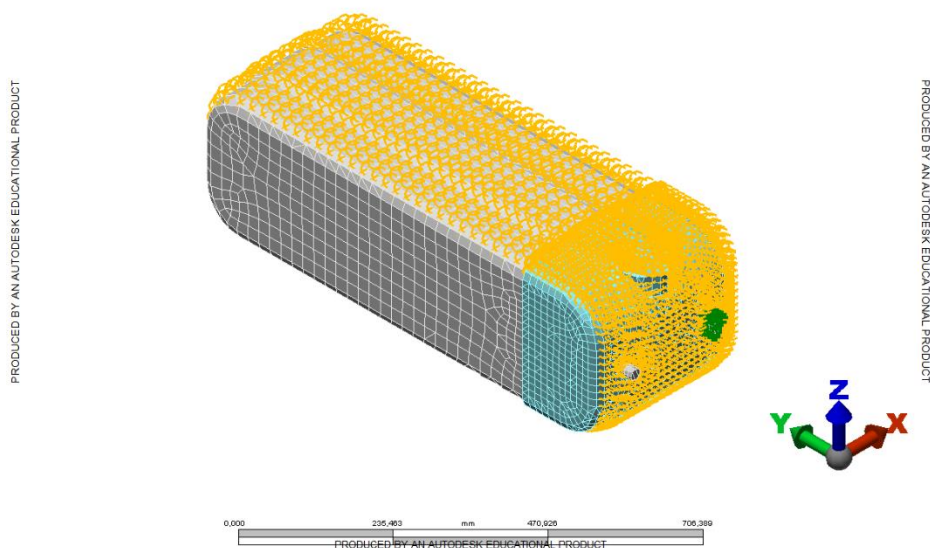
Obr. 3.20: Zadání konvekčního koeficientu



Obr. 3.21: Nastavení maximální teploty vody

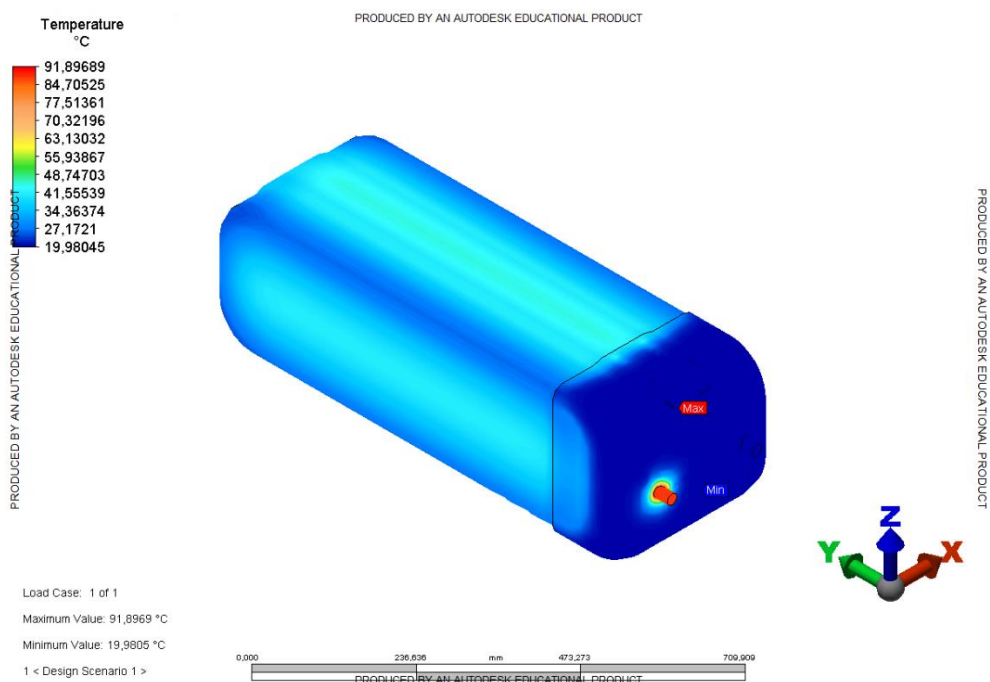


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

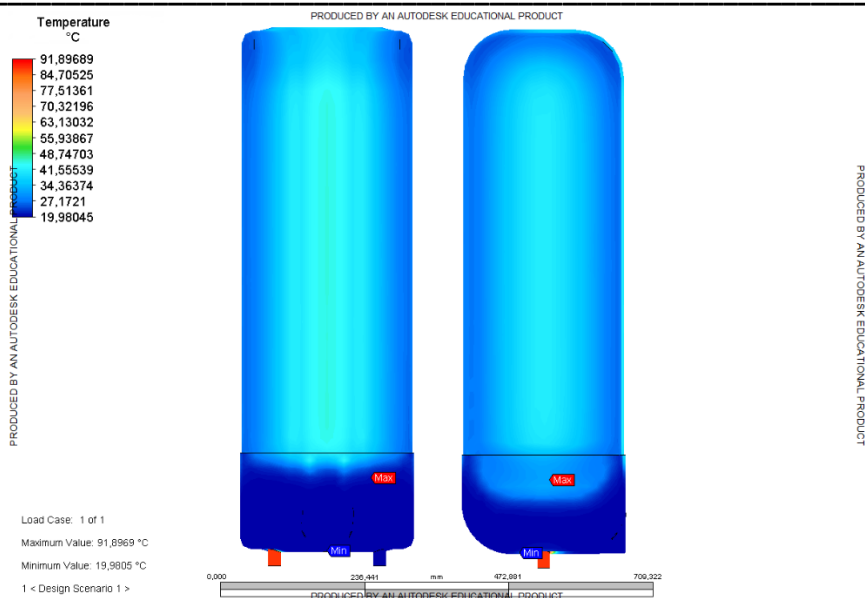


Obr. 3.22: Model s generovanou sítí a se zadanými okrajovými podmínkami

Po provedení kontroly modelu a následně po provedení analýzy ohřívače vody bylo dosaženo průběhu teplot v ohřívači vody (viz obr. 3.23 a obr.3.24).

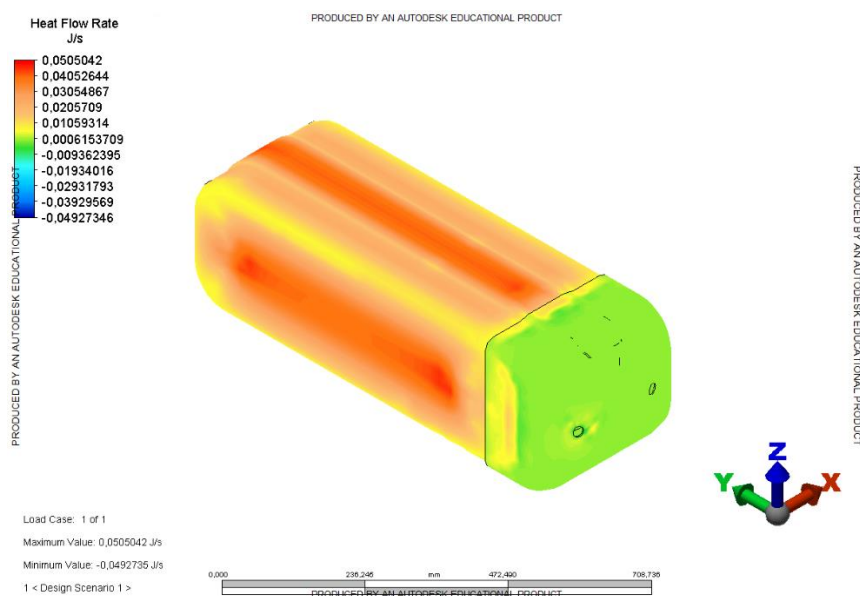


Obr. 3.23: Průběh teplot v ohřívači vody (isometrický pohled)



Obr. 3.24: Průběh teplot v ohříváči vody (přední a boční pohled)

Výsledkem simulace průběhu teplot v ohříváči vody je rozsah teplot od 19,99 °C do 91,90 °C. Přičemž maximální teplota byla dosažena na topném tělese (91,90 °C) a minimální teploty bylo dosaženo na spodní části krytu elektroinstalace (19,99 °C). Teplota vody na výstupu z ohříváče je 89,99 °C. Simulace tepelného toku je znázorněna viz obr.3.25. Z modelu byl zjištěn celkový tepelný tok ohříváče vody 36,95W, což je o 7,9% méně, než orientačně vypočítaný tepelný tok.



Obr. 3.25: Průběh tepelného toku v ohříváči vody



3.7.5 Výkresová dokumentace

Výkresy sestavení finálního modelu elektrického ohřívače a svařené vnitřní nádoby (a jejich 3D modely) jsou stejně jako 3D digitální modely konceptů vytvořeny ve výukové verzi programu Autodesk Inventor. Výkresy sestavy navrhovaného ohřívače vody a svařené vnitřní nádoby jsou přílohou diplomové práce.

3.8 Využití metod Design for X (DFX)

Metody Design for X (DFX) jsou metody konstruování s ohledem na specifické cíle, jako jsou:

- konstruování s ohledem na montáž (DFA)
- konstruování s ohledem na jednoduchou výrobu (DFM)
- konstruování s ohledem na životní prostředí (DFE)
- konstruování s ohledem na demontáž (DFD)
- konstruování s ohledem na snadnou údržbu (DFMT)
- konstruování s ohledem na snadné balení (DFP)

Využitím těchto metod se dají významně redukovat mnohé kritické nákladové položky, jejichž snížení je v následujících etapách velmi obtížné [1].

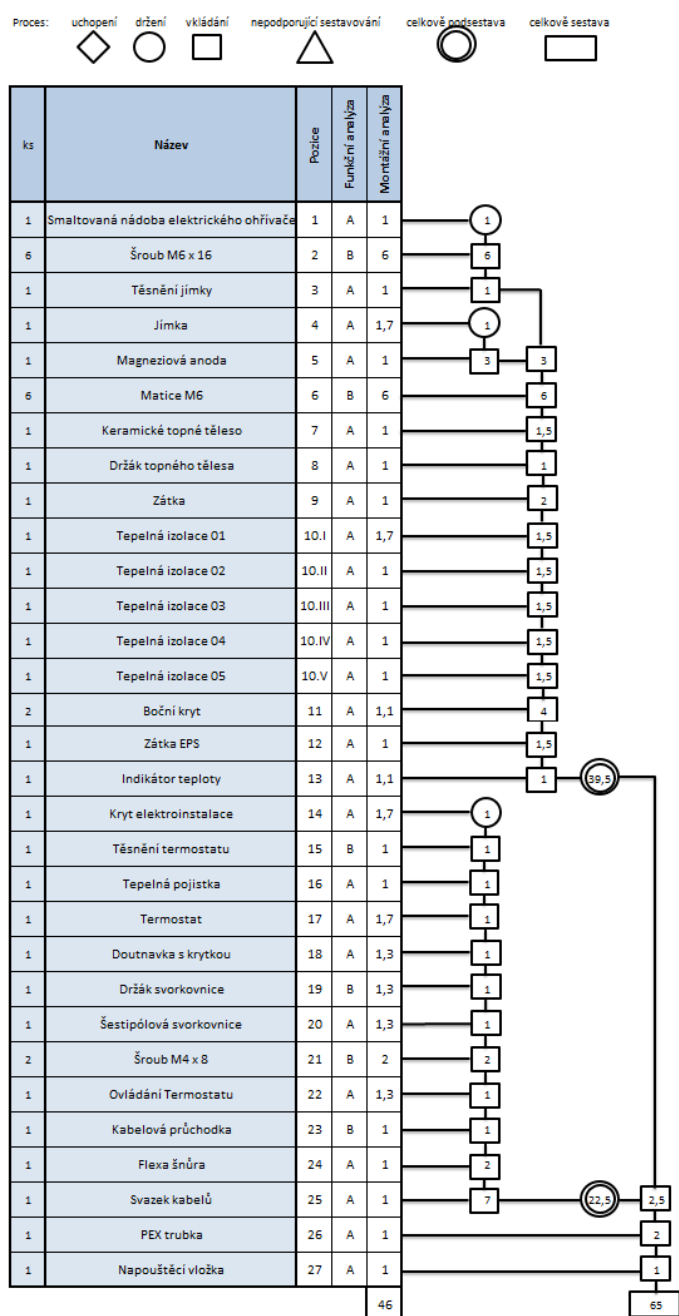
3.8.1 Metoda DFA Lucas (Design for Assembly Lucas)

Metoda DFA Lucas je založena na využití „stupnic“ pro hodnocení různých aspektů jednoduchosti/složitosti montáže. Metoda nevyužívá nákladový pohled na návrh konstrukčního řešení. V rámci metody Lucas se postupně provádějí tři dílčí analýzy a to funkční analýza, analýza manipulace se součástmi a montážní analýza. [1]

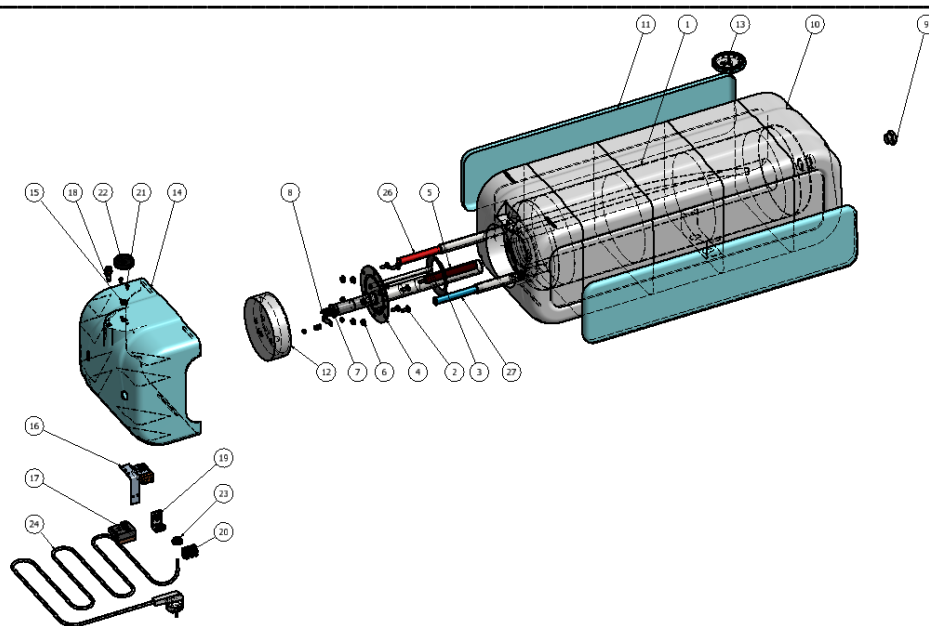
V metodě byl převzat kusovník jednotlivých součástí spolu s jejich pozicemi a počtem kusů (rozpad ohřívače vody viz obr. 3.27). Následně bylo u každého dílu



rozhodnuto, jestli spadá do skupiny A (součásti, které zajišťují vykonání funkce a jsou vitálními z hlediska výkonu) a B (součásti, jejichž účel není kritický pro funkci výrobku, ale jsou nutné pro kompletaci daného návrhu). Dále byla provedena montážní analýza a na základě vodítek pro manipulaci a vkládání byl u každého dílu přiřazen čas pomocných operací. Následně byly přiděleny procesy jednotlivých spojovacích operací (uchopení, držení, vkládání...), jejich časy a návaznosti na sebe.



Obr. 3.26: Metoda DFA Lucas



Obr. 3.27: Rozpad elektrického ohřívače vody pro metodu DFA Lucas

Na základě analýzy DFA Lucas (viz obr. 3.26) byla spočtena efektivnost návrhu sestavy, poměr pomocných operací a poměr spojovacích operací:

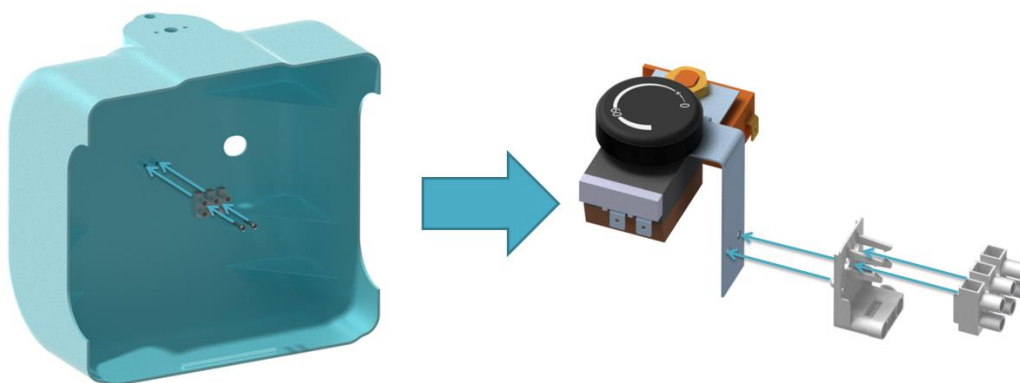
$$Efektivnost\ návrhu\ sestavy = \frac{"A"komponenty}{Suma\ komponent} \cdot 100\% = \frac{26}{43} \cdot 100\% = 60,47\%$$

$$Poměr\ pomocných\ operací = \frac{Suma\ pomocných\ operací}{"A"komponenty} = \frac{46}{26} = 1,78$$

$$Poměr\ spojovacích\ operací = \frac{Suma\ spojovacích\ operací}{"A"komponenty} = \frac{65}{26} = 2,50$$

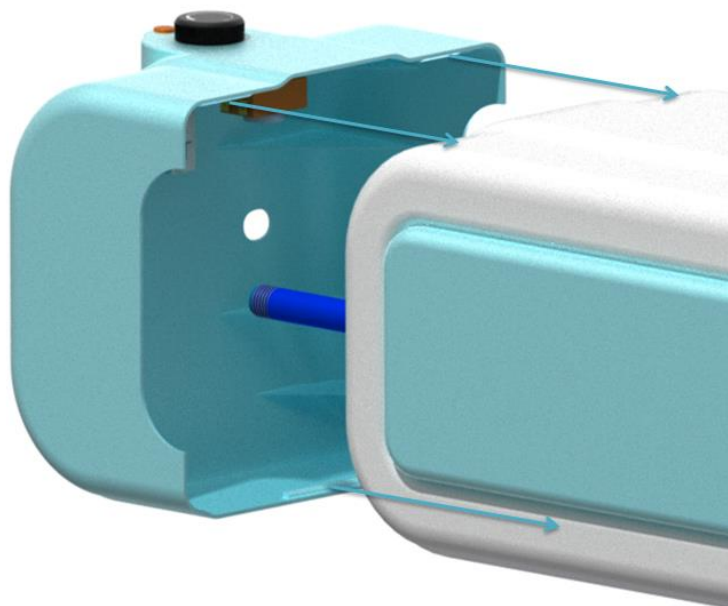
Za prahové hodnoty jsou pokládány nad 60% u efektivnosti návrhu sestavy a pod 2,5 jak u poměru pomocných operací, tak i u poměru spojovacích operací. Z toho tedy vyplývá, že hodnoty efektivnosti návrhu sestavy i poměry pomocných a spojovacích operací vyhovují.

Metodou DFA Lucas byl optimalizován elektrický ohřívač vody pro snadnou montáž. Byly odstraněny šroubové spoje a nahrazeny zácvaky viz. obr. 3.28 nebo obr. 3.29. V původní variantě byla šestipólová svorkovnice přišroubována ke krytu elektroinstalace dvěma závrtnými šrouby, v optimalizovaném ohřívači je využito držáku svorkovnice, na který se svorkovnice jednoduše zacvakne a oba díly se zacvaknou na prodloužený plech, který je součástí tepelné pojistky a s jehož pomocí je připevněn ke krytu elektroinstalace (Obr. 3.28).



Obr. 3.28: Změna montáže šestipólové svorkovnice

Na obr. 3.29 je znázorněna další optimalizace, kde na místě závrtných šroubů jsou použity zácvaky, kterými se kryt elektroinstalace i s celou již namontovanou elektroinstalací připevní k tepelné izolaci a tím i zbytku elektrického ohřívače (v původním modelu ohřívače byla svorkovnice připevněna na plechu uchyceném na nátrubcích smaltované nádoby a zbytek elektroinstalace byl připevněn na horním krytu ohřívače, to mělo za následek poměrně složitou montáž při propojování elektroinstalace kabely).



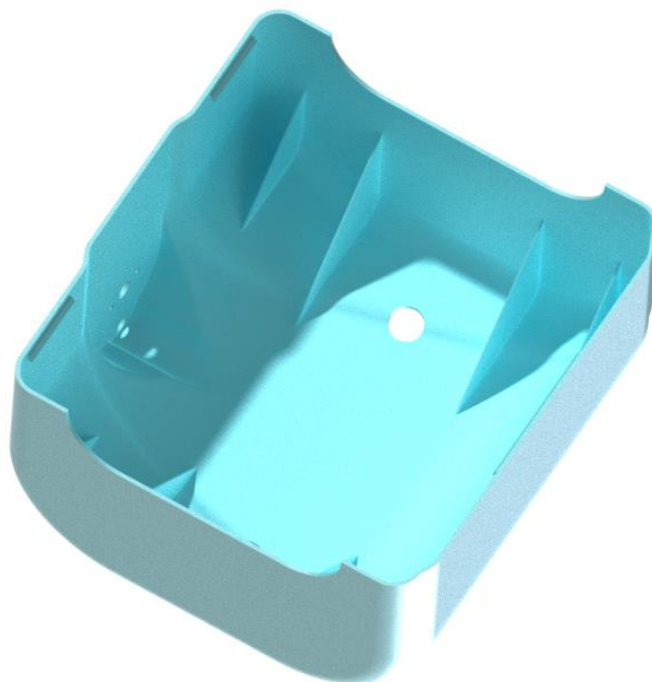
Obr. 3.29: Znáznornění zacvaknutí krytu na ohřivač

Další optimalizací dle DFA je spojení těsnícího kroužku a zátky smaltované nádoby v jednu komponentu a tím umožnění lehčí a rychlejší montáže.

3.8.2 Metoda DFM (Design for Manufacturing)

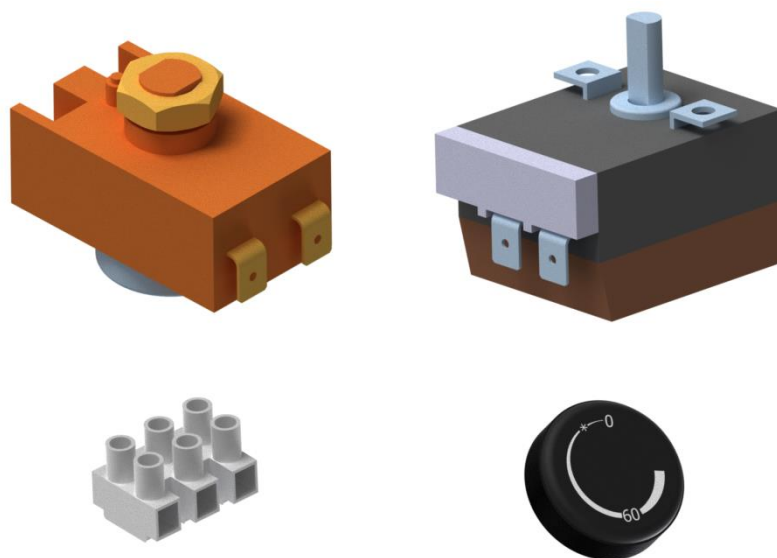
Dodržováním principů metody DFM (Design for Manufacturing) lze významně přispět k dosažení nízkých výrobních nákladů. Mezi tyto principy patří: jednoduchost, použití standardních materiálů a komponent, standardizovaný návrh konstrukce výrobku a volné tolerování. [1]

Na obr. 3.30 je znázorněno žebrování krytu elektroinstalace, zároveň je zde nutno dodržovat zásad pro vstřikování plastů a to, aby byly všechny stěny stejně tlusté (a nedocházelo při chladnutí k vzniku pnutí v materiálu), na výrobku musí být provedeny úkosy pro vyjmutí krytu z formy.



Obr. 3.30: Znázornění žebrování krytu elektroinstalace

V celém ohřívači jsou podle principů DFM použity standardizované materiály a standardizované komponenty, ať už jde o normalizované součásti jako jsou šrouby, matice, podložky nebo standardizované komponenty viz. obr. 3.31, kde je vidět tepelná pojistka, termostat, svorkovnice a knoflík termostatu.

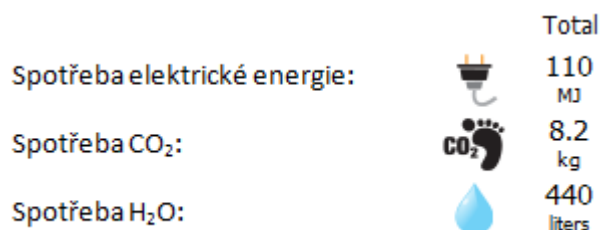


Obr. 3.31: Použité standardní komponenty

3.8.3 Metoda DFE (Design for Enviroment)

Metoda DFE (Design for Enviroment) řeší problémy spojené s dopadem na životní prostředí a je orientována třemi základními směry: návrh výrobku s ohledem na ekologickou výrobu, návrh výrobku s ohledem na ekologické balení a návrh výrobku s ohledem na odvoz a recyklaci. [1]

S využitím programu Eco Materials Adviser, který je obsažen v programu Autodesk Inventor, byla provedena analýza spotřeby elektrické energie, spotřeby CO₂ a spotřeby H₂O. Volbou vhodných materiálů a výrobních procesů bylo dosaženo výsledků (viz obr. 3.32).



Obr. 3.32: Analýza spotřeby elektrické energie, CO₂ a H₂O

3.8.4 Metoda DFD (Design for Disassembly)

Metoda DFD (Design for disassembly) je zaměřená na to, aby se na konci životního cyklu mohly díly snadno demontovat, separovat a dále zpracovávat (recyklovat). DFD je proto podmnožinou metody DFE. [1]

Označení materiálu pro snadnou separaci a následnou recyklaci je provedeno vyražením použitých materiálů na komponentách na místech, kde po smontování a zavěšení ohřívače nejsou tyto popisky vidět a tím nekazí design ohřívače. Na obr.3.33 je vidět vyražení materiálu na části tepelné izolace (označení materiálu je ze zadní strany – po zavěšení ohřívače není vidět).

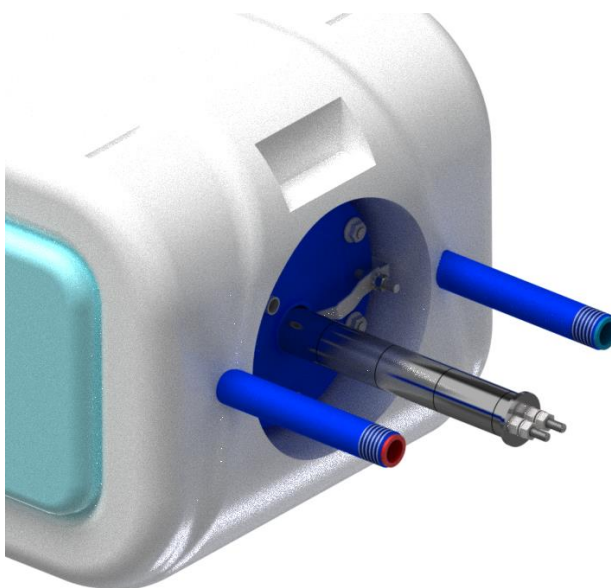


Obr. 3.33: Vyražení použitého materiálu na komponentách pro snadné třídění.

3.8.5 Metoda DFMT (Design for Maintainability)

Metoda DFMT (Design for Maintainability) obsahuje základní pravidla přístupu k zajištění snadné údržby průmyslových výrobků.

Na obr. 3.34 je znázorněný snadný přístup k topnému tělesu, po odejmutí krytu elektroinstalace a zátky EPS je snadný přístup k topnému tělesu. Po odšroubování šesti matic je i snadné vyjmout jímku a vyměnit magnéziovou anodu, či vyčistit vnitřek smaltované nádoby.



Obr. 3.34: Snadné vyjmutí topného tělesa pro snadnou údržbu.



3.9 FMEA- K

Metoda FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) tj. analýza projevů a důsledků poruch je velmi užitečnou metodou pro analýzu spolehlivosti. FMEA-K je analytickou metodou používanou inovačním týmem k tomu, aby byly dostatečně zváženy a řešeny možné způsoby vad výrobku (a s nimi související příčiny resp. mechanismy jejich vzniku). V nejpřísnější formě je FMEA-K souhrnem představ týmu (včetně analýzy komponent, které by mohly podle zkušenosti selhat) při návrhu dílu, podsestavy, sestavy nebo systému [1].

V rámci metody byl vyplněn formulář pro FMEA-K (viz tab. 3.3). Ke všem součástem ohřívače vody byla přiřazena možná místa vzniku poruchy. U těchto míst byly popsány možné způsoby, důsledky a příčiny poruch a jejich způsoby běžné kontroly. U druhu poruchy pokládáme otázku „Jak by se porucha projevila?“, u možného důsledku poruchy pokládáme otázku „Co by mohla porucha u zákazníka vyvolat?“ a u možné příčiny otázka zní „Co by mohlo poruchu způsobit?“. Na všechny tyto otázky se odpovídá jasně a stručně, pokud možno jedním slovem. Ke každému místu možné poruchy se přiřadí číslo faktoru výskytu na základě pravděpodobnosti výskytu vady (viz tab. 3.4). Zároveň se ke každému místu poruchy přiřadí číslo faktoru závažnosti na základě důsledku poruchy (viz tab. 3.5) a číslo faktoru detekce (viz tab. 3.6). Z těchto čísel jednotlivých faktorů se spočítá RPN (rizikové číslo) a to součinem jednotlivých faktorů. Toto rizikové číslo slouží ke stanovení rizika možných poruch a priority nápravných činností. Za hraniční velikost rizikového čísla lze považovat číslo 100. Když je RPN větší než 100, následuje návrh doporučených opatření. U každého přijatého opatření je zaneseno, kdo za dané opatření odpovídá, kdy bylo dané opatření schváleno a je zde opět provedena kontrola výsledného stavu a příslušného čísla RPN. V našem případě číslo 100 nebylo překročeno, a tudíž zde není nutnost provádění dalších opatření proti případným poruchám.



Tab.3.3: Formulář pro FMEA-K

FMEA- K		Číslo formuláře: 2015 -IEO- 001
Výrobek:	Elektrický ohřívač vody	Strana: 1 celkem z: 2
Rok výroby:	2015	Vypracoval: Martin Beneš
Odpovědnost za výrobek:	Martin Beneš	Datum vypracování: 31.3.2015

Součást	Místo poruchy	Možný způsob poruchy	Možný důsledek poruchy	Možné příčiny poruchy	Běžné kontroly	Současný stav				Doporučené opatření	Odpovídá	Výsledný stav			
						Výskyt	Závažnost	Detekce	RPN			Přijaté opatření	Výskyt	Závažnost	RPN
Smařovaná nádoba elektrického ohřívače	Svary	Trhlina	Netěsnost	Přítomnost nečistot ve svaru	Vizuální, tlaková zkouška	4	8	2	64						
	Smalt	Trhlina	Koroze	Nedostatečná tloušťka smaltu	Vizuální, ultrazvuk	6	7	2	84						
Těsnění jímky	Dosedací plocha	Deformovaný	Netěsnost	Neodborná montáž	Tlaková zkouška	2	7	1	14						
Jímka	Svary	Trhlina	Netěsnost	Přítomnost nečistot ve svaru	Vizuální, tlaková zkouška	4	8	2	64						
	Smalt	Trhlina	Koroze	Nedostatečná tloušťka smaltu	Vizuální, ultrazvuk	6	7	2	84						
Keramické topné těleso	Keramický váleček	Trhlina	Destrukce dílu	Materiálová vada	Vizuální	1	4	2	8						
Držák topného tělesa	Ohyb	Deformovaný	Nedostatečná přítláčná síla	Neodborná montáž	Vizuální	1	5	1	5						
Zátka	Těsnění	Deformovaný	Netěsnost	Materiálová vada	Žádná	1	5	10	50						
Tepelná izolace	Díry pro závčky	Deformovaný	Nelze zavčknout kryt	Neodborná montáž	Vizuální	4	6	4	96						
Kryt elektroinstalace	Závčky	Deformovaný	Nelze zavčknout	Neodborná montáž	Vizuální	4	6	4	96						
Indikátor teploty	Pružina	Deformovaný	Neukazuje	Neodborná montáž	Žádná	1	4	10	40						
Doutnavka s krytkou	Licny kabelů	Přepálený	Probíjí	Neodborná montáž	Vizuální	1	8	5	40						
Držák svorkovnice	Závčky	Deformovaný	Nelze zavčknout	Neodborná montáž	Vizuální	1	2	4	8						
Ovládání termostatu	Závčak	Deformovaný	Nelze zavčknout	Materiálová vada	Vizuální	1	2	8	16						
Flexa šňůra	Licna kabelu	Poškození	Probíjí	Střih	Vizuální	1	8	1	8						
Svazek kabelů	Licny kabelů	Přepálený	Probíjí	Neodborná montáž	Vizuální	1	8	5	40						
PEX trubka	Závčky	Deformovaný	Nelze vyjmout	Neodborná montáž	Žádná	2	2	10	40						
Napouštěcí vložka	Závčky	Deformovaný	Nelze vyjmout	Neodborná montáž	Žádná	2	2	10	40						

Tab.3.4: Hodnoticí tabulka pro faktor „výskyt“

Pravděpodobnost výskytu vady	Možná četnost výskytu vady	Body
Velmi vysoká: Vada nastává neustále	>100 z tisíce	10
	50 z tisíce	9
Vysoká: Opakovaný výskyt vady	20 z tisíce	8
	10 z tisíce	7
Střední: Příležitostný výskyt vady	5 z tisíce	6
	2 z tisíce	5
	1 z tisíce	4
Nízká: Poměrně málo vad	0,5 z tisíce	3
	0,1 z tisíce	2
Vzácná: Vada je nepravděpodobná	<0,1 z tisíce	1



Tab.3.5: Hodnotící tabulka pro faktor „závažnost“

Důsledek	Hodnocení závažnosti	Body
Kritický bez varování	Velmi vysoké hodnocení významu, možná vada bez varování, ovlivňuje bezpečnost a/nebo porušuje předpisy.	10
Kritický s varováním	Velmi vysoké hodnocení významu, možná vada ovlivňuje bezpečnost a/nebo porušuje předpisy, dochází k varování.	9
Velmi vážný	Prvek nefunkční, ztráta hlavní funkce.	8
Vážný	Prvek funkční s omezeným výkonem.	7
Střední	Prvek funkční, ale určité prvky ovlivňující pohodlí/komfort nefunkční	6
Nízký	Prvek funkční, ale pohodlí/komfort je snížen.	5
Velmi nízký	Konečná úprava a provedení / skřípot a zvuky, prvek není v pořádku. Vadu eviduje většina zákazníků.	4
Nepatrný	Konečná úprava a provedení / skřípot a zvuky, prvek není v pořádku. Vadu eviduje průměrný zákazník.	3
Zanedbatelný	Konečná úprava a provedení / skřípot a zvuky, prvek není v pořádku. Vadu eviduje jen výjimečný zákazník.	2
Žádný	Bez důsledků	1

Tab.3.6: Hodnotící tabulka pro faktor „detekce“

Detekce	Pravděpodobnost odhalení	Body
Nemožná	Kontrola neodhalí a/nebo nemůže odhalit možnou příčinu a následný projev vady, nebo žádná kontrola není.	10
Téměř nemožná	Velmi málo pravděpodobná šance odhalit možnou příčinu a následný projev vady.	9
Možná	Málo zaručená šance odhalit možnou příčinu a následný projev vady.	8
Velmi malá	Velmi malá šance odhalit možnou příčinu a následný projev vady.	7
Malá	Malá šance odhalit možnou příčinu a následný projev vady.	6
Průměrná	Průměrná šance odhalit možnou příčinu a následný projev vady.	5
Poněkud nadprůměrná	Poněkud nadprůměrná šance odhalit možnou příčinu a následný projev vady.	4
Velká	Velká šance odhalit možnou příčinu a následný projev vady.	3
Velmi velká	Velmi velká šance odhalit možnou příčinu a následný projev vady.	2
Téměř jistá	Téměř jistá šance odhalit možnou příčinu a následný projev vady.	1

4 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

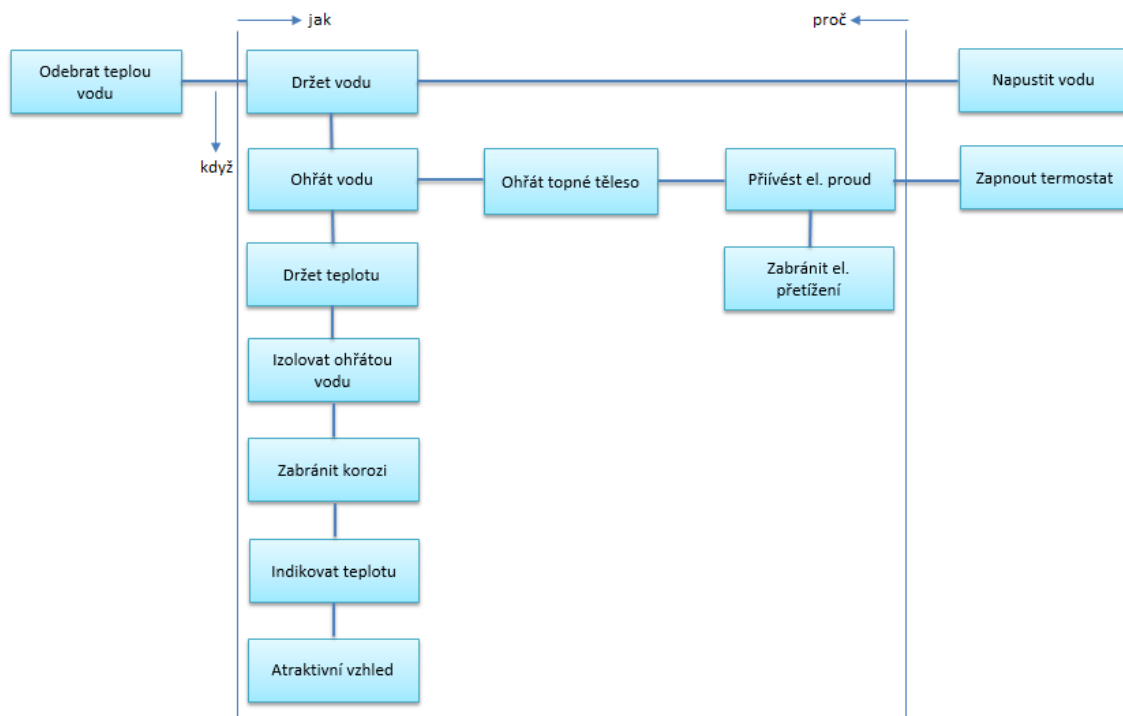
Při ekonomickém hodnocení ohřívače vody byla ke každé součásti přiřazena buď cena za nakupované standardizované součásti nebo cena odhadovaná na základě množství použitého materiálu a práce (viz obr. 4.1).



Tab.4.1: Odhad cen jednotlivých součástí ohřívače vody

Název	ks	cena nakupovaných dílů [Kč/ks]	pracovní čas [h]	mzdové náklady [Kč]	materiálové náklady [Kč]	řezijní náklady [Kč]	cena celkem [Kč]
Smaltovaná nádoba elektrického ohřívače	1		0,62	123	266	196	585
Šroub M6 x 16	6	1,6					9,6
Těsnění jímky	1	11,5					11,5
Jímka	1		0,2	48	34	12	94
Magneziová anoda	1	28					28
Matice M6	6	0,5					3
Keramické topné těleso	1		0,05	12	69	11	92
Držák topného tělesa	1		0,005	1,2	0,2	0,6	2
Zátka	1	10,6					10,6
Tepelná izolace 01	1		0,2	48	35	37	120
Tepelná izolace 02	1		0,2	48	31	11	90
Tepelná izolace 03	1		0,2	48	31	11	90
Tepelná izolace 04	1		0,2	48	31	11	90
Tepelná izolace 05	1		0,2	48	37	45	130
Boční kryt	2		0,1	24	5	23	52
Zátka EPS	1	9					9
Indikátor teploty	1	11,8					11,8
Kryt elektroinstalace	1		0,15	36	24	125	185
Těsnění termostatu	1	0,8					0,8
Tepelná pojistka	1	54,5					54,5
Termostat	1	42,8					42,8
Doutnavka s krytkou	1	16					16
Držák svorkovnice	1	1					1
Šestipólová svorkovnice	1	22,5					22,5
Šroub M4 x 8	2	0,8					1,6
Ovládání termostatu	1	4					4
Kabelová průchodka	1	2,2					2,2
Flexa šňůra	1	27					27
Svazek kabelů	1	16					16
PEX trubka	1	14,5					14,5
Napouštěcí vložka	1		0,005	1,2	7,5	5,8	5,5
celkem:							1822

Dále byl proveden FAST - diagram (zkratka z anglického Function Analysis System Technique) pro grafickou reprezentaci zobrazující vztahy mezi jednotlivými funkcemi obsaženými ve výrobku (viz obr. 4.1). Tento diagram je tvořen kladením tří otázek a to „jak?“, „proč?“ a „když?“.



Obr.4.1: FAST - diagram

Následně je vytvořena tabulka, kde na jedné straně jsou součásti s jejich odhadem cen a na straně druhé jsou funkce vyplývající z FAST – diagramu (viz tab.4.2). Poté jsou posuzovány vztahy mezi jednotlivými součástmi a funkcemi a tyto vztahy jsou obodovány body 0-3 (0 znamená, že mezi součástí a funkcí není žádný vztah a 3 znamená, že součást má velmi velký vztah k dané funkci). Tyto body jsou následně na každém řádku převedeny na procenta (součet procent na každém řádku musí dávat 100%) a těmito procenty je vynásobena cena dané součásti. Tím dostáváme rozdělení cen součástí k jednotlivým funkcím. Součtem jednotlivých řádků dostáváme cenu za každou plněnou funkci.



Tab.4.2: Přiřazení cen k jednotlivým funkcím

Název	cena [Kč]	Funkce											
		odebrat vodu	držet vodu	ohřát vodu	držet teplotu	izolovat teplotu vody	ohřát topné těleso	přivést el. proud	zabránit el. přetížení	napustit vodu	zabránit korozi	indikovat teplotu	atraktivní vzhled
Smaltovaná nádoba elektrického ohřívače	585	81,9	257,4							81,9	163,8		
Šroub M6 x 16	9,6		9,6										
Těsnění jímky	11,5		11,5										
Jímka	94		56,4	18,8							18,8		
Magneziiová anoda	28										28,0		
Matice M6	3		3,0										
Keramické topné těleso	92			55,2	36,8								
Držák topného tělesa	2			2,0									
Zátka	10,6		10,6										
Tepelná izolace 01	120					72,0							48,0
Tepelná izolace 02	90					54,0							36,0
Tepelná izolace 03	90					54,0							36,0
Tepelná izolace 04	90					54,0							36,0
Tepelná izolace 05	130					78,0							52,0
Boční kryt	52					31,2							20,8
Zátka EPS	9					9,0							
Indikátor teploty	11,8											7,1	4,7
Kryt elektroinstalace	185			23,1	23,1	46,3	23,1						69,4
Těsnění termostatu	0,8				0,8								
Tepelná pojistka	54,5						10,9	10,9	32,7				
Termostat	42,8			12,0	18,8		12,0						
Doutnavka s krytkou	16				5,3							5,3	5,3
Držák svorkovnice	1							1,0					
Šestipólová svorkovnice	22,5			4,1	0,2		0,2	0,3	0,2				
Šroub M4 x 8	1,6			0,4			0,4	0,4	0,4				
Ovládání termostatu	4			0,6	0,6		0,6	0,6					1,7
Kabelová průchodka	2,2							2,2					
Flexa šňůra	27							27,0					
Svazek kabelů	16			2,2	2,2		2,2	7,0	2,2				
PEX trubka	14,5	14,5											
Napouštěcí vložka	5,5									5,5			
	1821,9	96,4	349	118	87,8	398	49,4	49,4	35,5	87,4	211	12,4	310



Dle cen připadajícím na jednotlivé funkce je zkontrolováno, že hlavní podíl ceny za ohřívač vody jde na plnění hlavních funkcí, jako je držení vody, ohřev vody, tepelná izolace a zabránění korozi a ne na plnění funkcí sekundárních, jako je například indikace tepla nebo přívod elektrického proudu.

Výrobní cena původního elektrického ohřívače vody TO 20 je 1750 Kč, oproti tomu je výchozí odhadovaná výrobní cena inovovaného ohřívače 1822 Kč, což je o 4% více. Inovovaný výrobek je však kvalitněji konceptován a je očekáván nekvantifikovatelný přínos v podobě snížení počtu reklamací.

5 ZÁVĚR

V diplomové práci byl inovován elektrický ohřívač vody TO 20 ze sortimentu výrobce DZD o objemu 20l, maximální hmotností ohřívače bez vody 15 kg a maximálním provozním tlakem 0,6 MPa. Byla provedena analýza známých řešení průzkumem konkurenčních výrobků a tím získán přehled o současném stavu trhu. Dále byly provedeny strukturované rozhovory se zákazníky a dotazníková metoda zjišťování potřeb se servisními technikami pro zjištění jejich potřeb na inovovaný ohřívač vody. S pomocí metody QFD byly zjištěny parametry, na které je nutno se zaměřit a to tloušťka izolace, maximální provozní teplota, výkon topného tělesa a snížení počtu součástí ohřívače. Na základě poznatků z průzkumu trhu a analýzy potřeb zákazníků a servisních techniků byly vytvořeny 4 koncepty inovačních řešení. Koncepty byly popsány a zhodnoceny s pomocí vícekritériální matice a byl vybrán koncept č.4 jako jejich nejlepší varianta. U této varianty byla vypočtena minimální tloušťka stěny pláště 0,91mm a minimální tloušťka stěny den 0,61mm. Jak u pláště nádoby, tak i u den nádoby byla zvolena tloušťka stěn 1mm. Byla provedena simulace tlakové zkoušky, při které vyšlo maximální posunutí 2,14mm a to v koncích nátrubků přívodu a vývodu vody z nádoby a simulace průběhu teplot v ohřívači vody za pomoci metody konečných prvků. Dále byl vypočten orientační tepelný tok zjednodušeného ohřívače. Celkový tepelný tok vyšel 40,12W. Tepelný tok byl zároveň s průběhem teplot v ohřívači vody nasimulován pomocí metody konečných prvků, ve které vyšel 36,95W, což je o 7,9% méně, než v orientačním výpočtu. Finální varianta byla detailně vymodelována s použitím softwaru Autodesk Inventor a optimalizována užitím metod DFX. Pomocí metody DFA



Lucas byl ohřívač optimalizován pro jednoduchou montáž a co nejmenší počet použitých komponent. Efektivnost návrhu sestavy vyšla 60,47%, poměr pomocných operací vyšel 1,78 a poměr spojovacích operací vyšel 2,5. Ohřívač byl zároveň optimalizován s ohledem na demontáž metodou DFD. S využitím principů metody DFM byla zvýšena jednoduchost ohřívače i jednotlivých komponent, byly využity standardní materiály a standardizované komponenty. Bylo dodrženo metody DFE a tím řešeny problémy spojené s dopadem na životní prostředí. Simulací byla zjištěna spotřeba elektrické energie při výrobě ohřívače 110MJ, dále spotřeba CO₂ 8,2 kg a spotřeba vody 440l. S pomocí metody DFMT byl ohřívač optimalizován k zajištění snadné údržby a to hlavně výměny topného tělesa, výměny hořčíkové anody a čištění smaltované nádoby. Za pomoci konstrukční FMEA analýzy byly zváženy možné způsoby vad výrobku. U žádné součásti nebylo číslo RPN překročeno přes 100, z toho důvodu nebylo nutné zavádět opatření proti vzniku případných vad. Nakonec bylo provedeno ekonomické zhodnocení ohřívače vody, přičemž jeho celková cena byla odhadnuta na 1822 Kč, což je o 4% více než původní elektrický ohřívač vody TO 20. Do ceny však není započítán nekvantifikovatelný přínos v podobě snížení počtu reklamací.



SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MAŠÍN, Ivan. *Inovační inženýrství: plánování a návrh inovovaného výrobku*. Liberec: ReproArt, 2012. ISBN: 978-80-7372-852-6
- [2] HENDL, Jan. *Kvalitativní výzkum: základní metody a aplikace*. Vyd. 1. Praha: Portál, 2005, 407 s. ISBN 80-736-7040-2.
- [3] NOŽIČKA, Jiří. *Základy termomechaniky*. Praha 6: Vydavatelství ČVUT, 2005, 407 s. ISBN 80-01-02409-1.
- [4] JÍLEK, Miroslav a RANDA, Zdeněk. *Termomechanika: sbírka příkladů*. Praha 6: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03107-1.
- [5] ČSN 69 0010. *Tlakové nádoby stabilní – Technická pravidla*. Praha: Český normalizační institut, 1994.
- [6] LEINVEBER, Jan a VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky: Třetí doplněné vydání.. Úvaly: ALBRA – pedagogické nakladatelství, 2006. ISBN 80-7361-033-7.*
- [7] DZ DRAŽICE, CP © 2012 *Družstevní závody Dražice - strojírna*. Dostupné z: <http://www.dzd.cz/>
- [8] STIEBEL ELTRON, *Stiebel eltron společnost s.r.o.* Dostupné z: <http://www.stiebel-eltron.cz/>
- [9] SIEMENS HOME, © *SEG Hausgeräte GmbH 2015*. Dostupné z: <http://www.siemens-home.de/>
- [10] AEG HAUSTECHNIK, © 2003 - 2015 *AEG*. Dostupné z: <http://www.aeg-hc.cz/>
- [11] TATRAMAT, © 2014 *Tatramat – ohřívače vody s.r.o.* Dostupné z: <http://www.tatramat.com/>
- [12] ARISTON, © 2015 *Ariston Thermo SPA*. Dostupné z: [http://www.ariston.com /](http://www.ariston.com/)



-
- [13] BRITISH PLASTICS FEDERATION, © 2015 *British Plastics Federation*. Dostupné z: <http://www.bpf.co.uk/Plastipedia/Polymers/>
- [14] GDP KORAL COMPOSITES, © 2006-2009 *Kompozitým vyztužené plasty GDP KORAL s.r.o.*. Dostupné z: <http://www.gdpkoral.cz/>
- [15] JSP, © 2015 *JSP*. Dostupné z: <http://www.jsp.com/>

Přílohy diplomové práce:

Příloha č. 1: Výkres sestavy inovovaného ohřívače vody

Příloha č. 2: Výkres svařené nádoby

Příloha č. 3: Zápis strukturovaných rozhovorů se zákazníky – viz příložené dvd

Příloha č. 4: Dotazníky vyplněné servisními techniky – viz příložené dvd

Příloha č. 5: Vlastnosti materiálu EPP:

Physical Properties [†]	Test Method	Units	ARPRO® EPP	
Density (Grade)	ASTM-D3575	pcf	2.8	3.7
Density	ASTM-D3575	g/l	45	60
Compressive Strength @10%	ASTM-D3575	psi	32	44
Compressive Strength @25%		psi	42	57
Compressive Strength @50%		psi	54	73
Compressive Strength @75%		psi	111	155
Tensile Strength	ASTM-D3575	psi	67	89
Tensile Elongation	ASTM-D3575	%	15	15
Tear Strength	ASTM-D3575	lbs/in	16	19
Compressive Set @ 25%	ASTM-D3575	%	7	7
Compressive Set @ 50%	ASTM-D3575	%	12	12
Buoyancy	ASTM-D3575	lbs/ft ³	59	56.5
Thermal Conductivity	ASTM-C177	(K) BTU-in/ft ² -hr-°F	0.25	0.26
Thermal Resistance	ASTM-C177	(R) @70°F	4.0	3.8
Coef. Of Lin. Thermal Expan.	ASTM-D696	in/in/°F x 10 ⁻⁵	5.4	4.8
Service Temperature	ASTM-D3575	°F (Max.)	212	212
Water absorption	ASTM-D3575/C272	% (lb/ft ²)	< 1% (<0.02)	< 1% (<0.02)
Compressive Creep	ASTM-D3575	1000hr, % (psi)	1.5 (3.0)	1.5 (6.0)
Flammability	FMVSS-302	<4.0 in/min	Pass	Pass
Chemical Resistance	Various	1 hr exposure (solvents, acids, and alkalines)	Pass	Pass
Fuel Immersion	Coast Guard; Fuel B per 33 CFR §183.114	<5% (chg in vol)	Pass	Pass